



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Grado en Ingeniería Biomédica**

**EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD CARDÍACA Y SU  
VARIABILIDAD EN JOVENES SANOS: INFLUENCIA DE  
ALTURA, SEXO Y EJERCICIO**



**Memoria i Anexos**

<b>Autor:</b>	Paula Caballero Lillo
<b>Director:</b>	Pedro Gomis Roman
<b>Convocatoria:</b>	Septiembre 2017







## Resum

Aquest treball de final de grau és una part d'un projecte de recerca realitzat per el *CREB* ( *Centre de Recerca en Enginyeria Biomèdica* ) i per l'*Hospital Clínic de Barcelona*, que té per objectiu avaluar l'associació entre l'altura i l'equilibri simpàtic-vagal mitjançant l' anàlisi de freqüència cardíaca i la seva variabilitat, en població d'entre vint i trenta anys amb una vida sana.

La part realitzada en aquest treball consisteix en estudiar la freqüència cardíaca i el interval de despolarització –repolarització (interval QT) amb la influència de l'altura, el sexe i l'exercici realitzat.

Per realitzar el treball s'han analitzat unes senyals obtingudes de voluntaris que han dut un *Holter* durant 24h proporcionat per l'*Hospital Clínic* . Aquest Holter enregistra l'ECG.

Aquestes senyals han estat processades mitjançant el software *Matlab*. El mètode ha estat primerament filtrar-les per eliminar pertorbacions i valors dispars i seguidament s'ha extret els paràmetres d'interval RR i QT en segments d'ECG durant períodes diürns i nocturns.

Amb els paràmetres i valors extrets, s'ha fet un estudi i anàlisi estadístic per poder observar la relació de la variabilitat de la freqüència cardíaca amb l'altura, el sexe i l'exercici.

## Resumen

Este trabajo de final de grado es una parte de un proyecto de búsqueda realizado por el *CREB (Centre de Recerca en Enginyeria Biomèdica)* y por el *Hospital Clínic de Barcelona*, que tiene por objetivo evaluar la asociación entre la altura y el equilibrio simpático-vagal mediante el análisis de frecuencia cardíaca y su variabilidad, en población entre veinte y treinta años con una vida sana.

La parte realizada en este trabajo consiste en estudiar la frecuencia cardíaca i el intervalo de la despolarización- repolarización (intervalo QT) con la influencia de la altura, sexo y el ejercicio realizado.

Para realizar el trabajo se han analizado unas señales obtenidas de voluntarios que han llevado puesto un *Holter* durante 24h, proporcionado por el *Hospital Clínic*. Este *Holter* registra el ECG.

Estas señales han sido procesadas mediante el software *Matlab*. El método ha sido, primeramente, filtrarlas para eliminar perturbaciones y valores dispares y, seguidamente, se han extraído los parámetros de intervalos RR y QT en segmentos de ECG durante periodos diurnos y nocturnos.

Con los parámetros y valores extraídos, se ha realizado un estudio y análisis estadístico para poder observar la relación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca con altura, sexo y ejercicio realizado.

## Abstract

This final degree work is a part of a research project done by *CREB* ( *Centre de Recerca en Enginyeria Biomèdica*) and *Hospital Clínic de Barcelona*, the aim of which is to evaluate the association between height and the sympathetic-vagal balance, through the analysis of heart rate and its variability in a population of twenty years old to thirty and with a healthy life.

The part done in this work consists on studying the heart rate and the variability with the influence of height, sex and sportive activity done.

To do this work, some signs obtained from volunteers that have taken a *Holter* during 24h provided by *Hospital Clínic*, have been analysed. This Holter records the ECG.

These signals have been processed using Matlab software. The method include a first filtered process to eliminate disturbances and artifacts values, and then the RR and QT interval parameters were extracted in ECG segments during day and night periods.

With these parameters and values extracted, study and statistical analyses have been done to be able to observe the relation of the variability of the heart rate with the height, sex and sportive activity done.

## Agradecimientos

Para poder realizar este trabajo se han necesitado las señales de todas aquellas personas que de manera voluntaria y totalmente altruista han participado en este proyecto.

Además, el proyecto no se estaría realizando sin la implicación de los miembros del Hospital Clínic y del CREB.

También agradecer el tiempo empleado de manera altruista a Paloma Jorda, médico cardiólogo y a Juan Carlos Caballero, médico de familia. Gracias por enriquecer mi proyecto.

Mi más sincero agradecimiento hacia todos y cada uno de ellos.

Finalmente y no menos importante, agradecer a Pedro Gomis, tutor del Trabajo de Final de Grado por todo su apoyo, interés, por invertir su tiempo incluso en verano para ayudarme y hacer posible la realización del trabajo.

Muchas gracias a todos.



## Índice

<b>RESUM</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>IV</b>
<b>1. PREFACIO</b>	<b>1</b>
1.1. Origen del trabajo .....	1
1.2. Motivación .....	1
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
2.1. Objetivos del trabajo.....	2
2.2. Alcance del trabajo .....	3
<b>3. CONCEPTOS PREVIOS</b>	<b>4</b>
3.1. Sistema nervioso .....	4
3.1.1. Sistema nervioso autónomo .....	5
3.2. Sistema cardiovascular .....	6
3.2.1. Señales Electrocardiográficas.....	7
3.2.2. Holter .....	11
3.2.3. Medición onda QT .....	11
3.2.4. QT Corregido.....	12
<b>4. PROTOCOLO EVA</b>	<b>13</b>
4.1. Antecedentes .....	13
4.2. Proceso .....	13
<b>5. ADQUISICIÓN DE SEÑALES</b>	<b>14</b>
<b>6. PROCESADO DE LAS SEÑALES ECG</b>	<b>15</b>
<b>7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	<b>18</b>
7.1. Estudio de la normalidad .....	18
7.2. Pruebas paramétricas. T-Student .....	21
7.3. Pruebas no paramétricas.....	22
7.4. Correlaciones .....	23



7.5. Comparativa medición QT .....	23
<b>8. RESULTADOS .....</b>	<b>24</b>
8.1. Pruebas de normalidad .....	24
8.2. Pruebas paramétricas.....	24
8.3. Pruebas no paramétricas.....	27
8.4. Correlación.....	28
8.5. Comparativa medición QT.....	32
<b>9. ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>33</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>34</b>
<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>37</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXO A: PROYECTO EVA .....</b>	<b>41</b>
A1. Cartel de captación .....	41
A2. Protocolo de consentimiento .....	42
A3. Criterios de exclusión.....	45
A4. Recogida de datos.....	46
A5. Cuestionario de actividad física .....	47
<b>ANEXO B: SCRIPTS Y FUNCIONES MATLAB .....</b>	<b>48</b>
B1. ANALIZAR.m.....	48
B2. guardarresultados.m .....	53
<b>ANEXO C: RESULTADOS DEL SPSS .....</b>	<b>54</b>
C1. Pruebas de normalidad general .....	54
C1. Pruebas de normalidad diferenciado por el sexo (1=mujer, 0=hombre).....	66
C3. Pruebas t-Student.....	89
C4. Pruebas Mann-Whytney .....	90

## Índice de figuras

Figura 1: Esquema sistema nervioso	4
Figura 2: Sistema de conducción del corazón	6
Figura 3. Disposición de los 10 electrodos	7
Figura 4. Triángulo de Einthoven	8
Figura 5. Derivaciones monopolares y bipolares	9
Figura 6. Onda de un ECG	10
Figura 7. Medición onda QT con el método umbral	12
Figura 8. Medición onda QT con el método de la tangente	12
Figura 9. Señal con ruido (arriba) vs señal filtrada (abajo).	15
Figura 10. Inicio del complejo QRS y final de la onda T	16
Figura 11. Libro de resultados Excel	17
Figura 12. Base de datos SPSS	17
Figura 13. Pasos a seguir para realizar test de Kolomogorov-Smirnov	19
Figura 14. Histograma de RRMeanM y QTMeanM	20
Figura 15. Gráficos QQ de RRMeanM y QTMeanM	20
Figura 16. Variación RRMeanM con la altura y el ejercicio.	29
Figura 17. Variación RRMeanM con la altura y el ejercicio.	29
Figura 18. Variación HRM con la altura y el ejercicio.	30
Figura 19..Variación HRN con la altura y el ejercicio.	30
Figura 20. Variación RRMeanN de las mujeres con la altura y el ejercicio.	31
Figura 21. Variación HRN de las mujeres con la altura y el ejercicio.	31



## Índice de tablas

Tabla 1. Prueba de normalidad de las variables _____	19
Tabla 2. Prueba T-Student de las variables _____	
Tabla 3. Rangos de QTMeanM, QTMeanN, QTCM y QTCN _____	22
Tabla 4. Prueba Mann-Whitney de QTMeanM, QTMeanN, QTCM y QTCN _____	22
Tabla 5. Prueba de normalidad de todas las variables. _____	
Tabla 6. Prueba T-Stuent entre hombres y mujeres _____	
Tabla 8. Prueba T-Student de mujeres relacionada con la altura. _____	25
Tabla 9. Prueba T-Student de hombres relacionada con la altura. _____	25
Tabla 7. Prueba T-Student de la población general relacionada con la altura. _____	
Tabla 10. Prueba T-Student de la población general relacionada con el ejercicio físico. _____	26
Tabla 11. Prueba T-Student de mujeres relacionada con el ejercicio físico. _____	26
Tabla 12. Prueba T-Student de hombres relacionada con el ejercicio físico. _____	26
Tabla 13. Prueba de Mann-Whitney de la población general. _____	27
Tabla 14. Prueba de Mann- Whitney de las mujeres. _____	27
Tabla 15. Prueba de Mann- Whitney de los hombres. _____	27
Tabla 16. Correlación general , hombres y mujeres de las variables. _____	28
Tabla 17. Comparativa medición QT Software vs Médico Cardiólogo _____	32
Tabla 18.Comparativa medición QT Software vs Médicio General _____	32
Tabla 19. Comparativa medición QT Software vs Médico Cardiólogo vs Médico General _____	32





## 1. Prefacio

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación en pleno desarrollo. El principal objetivo de esta parte del proyecto es evaluar la actividad cardíaca en una población de jóvenes sanos y estudiar la posible influencia de la altura, el sexo y el ejercicio realizado.

Además durante el desarrollo del trabajo han ido surgiendo otros objetivos. Primeramente poder evaluar la eficacia del software utilizado comparando con los métodos que actualmente usan los clínicos, y también comparar diferentes técnicas de medición de dicho software.

### 1.1. Origen del trabajo

Este trabajo forma parte de un proyecto llevado a cabo por el Hospital Clínic llamado “Evaluación del Equilibrio Simpático-Vagal en Relación a la Altura” en población general (Proyecto EVA). Trata de evaluar la posible correlación del equilibrio simpático-vagal del sistema nervioso con la altura de una población joven (entre 20 y 30 años). En este trabajo trataremos de enriquecer este proyecto que están desarrollando.

### 1.2. Motivación

La motivación por este proyecto es muy grande ya que considero un privilegio poder ser partícipe de un estudio de investigación el cual están desarrollando instituciones de mucho prestigio.

Mi motivación personal para realizar este proyecto son mis ganas de aprender y crecer en el mundo de la medicina. Esto me ha hecho crecer día a día e ir aprendiendo conceptos los cuales para mi eran muy poco familiares. He podido desarrollar muchas habilidades que he ido mejorando la cual cosa ha hecho que mi motivación para realizar el trabajo fuera creciendo cada día.

Además y para mí más importante, he participado en un proyecto con pacientes y datos reales la cual cosa le da un plus de motivación a mi persona.

También, en la parte clínica se ha encontrado que en personas mayores la incidencia de fibrilación auricular parece tener una incidencia mayor en personas de mayor altura, que tiene un mayor tono vagal. Este hecho ha motivado a los investigadores médicos del Hospital Clínic de Barcelona que se evalúe el balance simpático-vagal en población joven sana y su relación con la altura u otras características de la población.

## 2. Introducción

Este proyecto forma parte del proyecto EVA (Evaluación del Equilibrio Simpático-Vagal en Relación a la Altura en Población General) promocionado por el servicio de Cardiología del *Institut Clínic del Torax*, y desarrollado por el CREB (*Centre de Recerca d'Enginyeria Biomèdica*) y l' *Hospital Clínic*. El objetivo principal del proyecto EVA es evaluar la asociación entre la altura y el equilibrio simpático-vagal mediante el análisis de frecuencia cardíaca y variabilidad de frecuencia cardíaca en población general sana.

La variabilidad del ritmo cardíaco ha sido evaluada en proyectos recientes en esta Escuela Universitaria, sin embargo las características de despolarización-repolarización, medidas con el intervalo QT del electrocardiograma (ECG) no han sido analizadas aún en esta población. Las medidas automáticas del intervalo son aún un desafío tecnológico pues la onda T presenta una terminación suave, contrariamente al QRS, y la medición automática del final de la onda T con técnicas computacionales no siempre da resultados exactos, de acuerdo a la medida manual de hecha por cardiólogos. Unos pocos milisegundos de error pueden llevar a un diagnóstico errado del intervalo QT. Un QT demasiado largo o corto ha estado asociado con arritmias que pueden provocar muerte súbita, por lo que es una herramienta de diagnóstico en algunas cardiopatías.

### 2.1. Objetivos del trabajo

El objetivo principal de este proyecto es estudiar si existe alguna relación entre la altura, el sexo o el ejercicio y la actividad cardíaca. Es decir, mediante un estudio estadístico buscar una correlación entre los datos, se evaluará el ritmo cardíaco a través del intervalo RR y el tiempo de despolarización-repolarización a través del intervalo QT

Para poder lograr el objetivo principal se deben lograr otros dos objetivos.

- El primer objetivo será extraer los intervalos RR y QT del electrocardiograma y analizarlos en el dominio del tiempo.
- El segundo objetivo será comparar si existe alguna relación entre los intervalos RR y QT que se producen en un periodo de tiempo comprendido por la mañana y en otro comprendido en la noche.
- Por último se buscará evaluar las medidas automáticas del intervalo QT con la medida realizada por expertos clínicos con su método.



## 2.2. Alcance del trabajo

Dentro del alcance del proyecto podemos encontrar:

- Estudio con el software *Matlab* para los siguientes parámetros:
  - Análisis en el tiempo: RR, QT y otras medidas obtenidas a partir de estas.
  - Procesado de la señal para reducir el ruido.
- Uso del software *Excel* y *IBM SPSS* para poder obtener una correlación de los parámetros obtenidos y parámetros como la altura, el ejercicio y el sexo. Además de hacer inferencia estadística entre diferencias o no entre las características de la población.
- Entender y conocer de forma general el funcionamiento del sistema nervioso y del ciclo cardíaco.

### 3. Conceptos previos

Una breve explicación de los conceptos fisiológicos es necesaria para poder entender el proyecto. En este proyecto encontramos dos sistemas fisiológicos involucrados: el sistema nervioso autónomo y el sistema cardiovascular.

#### 3.1. Sistema nervioso

El sistema nervioso es una red de tejidos especializados que tiene como componente principal a las neuronas. Es el encargado de coordinar la información que procede de diferentes estímulos del medio externo e interno y además, elaborar una respuesta integrada. Está compuesto de estructuras especializadas: el encéfalo, la médula espinal y los nervios. Estos regulan y controlan el funcionamiento de los órganos y sistemas y a su vez coordinan su relación del organismo con el medio externo.



Figura 1: Esquema sistema nervioso

Tal y como podemos ver en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** podemos hacer la siguiente división del sistema nervioso:

- **Sistema Nervioso Central:** está formado por el encéfalo y la médula espinal. Es el centro funcional de todo el sistema nervioso y además actúa de centro estructural.
- **Sistema nervioso Periférico:** está formado por grupos de neuronas (ganglios) y nervios periféricos. Se puede subdividir en:
  - **Sistema Nervioso Somático:** realiza el control de las funciones voluntarias.
  - **Sistema Nervioso Autónomo:** realiza el control de las funciones involuntarias.
    - **Sistema nervioso simpático:** prepara al organismo para responder con velocidad a la estimulación externa. Provoca una serie de reacciones fisiológicas enérgicas que permiten la supervivencia. (Aceleración funciones del organismo, preparación para la acción ante posibles amenazas...)
    - **Sistema nervioso parasimpático:** realiza procesos que suponen al organismo un ahorro energético.

### 3.1.1. Sistema nervioso autónomo

El sistema nervioso autónomo es el más importante y con más influencia en este proyecto, ya que es el que se encarga de las funciones “automáticas” del cuerpo. Como hemos dicho anteriormente, las funciones que realiza el sistema nervioso autónomo se hacen de manera inconsciente, como por ejemplo respirar, dilatar el corazón.

Como hemos visto, el sistema nervioso autónomo se divide en sistema simpático y parasimpático, y actúan muchas veces de manera opuesta. Tienen potenciales de acción y de reposo.

El sistema simpático es el que produce dilatación de las pupilas, aumento de la contracción del corazón... y por otro lado el sistema parasimpático produce los efectos contrarios, promueve y media aquellas funciones que permiten al cuerpo que se relaje. El sistema parasimpático también se puede nombrar vagal, ya que su nervio principal es el vago, que permite al cuerpo relajarse, ralentizar el ritmo cardíaco, disminuir la tensión arterial y regular la digestión y el sueño.

En este proceso, la respuesta del sistema parasimpático se medirá a través de la respuesta del corazón, a través de la variabilidad del ritmo cardíaco.

### 3.2. Sistema cardiovascular

El sistema cardiovascular está formado por el corazón y los vasos sanguíneos. Sus funciones son:

- Transporte rápido a los tejidos y órganos del cuerpo de sangre con oxígeno.
- Recogida de desechos metabólicos de los tejidos y órganos.
- Control hormonal: lleva hormonas a los órganos diana y secreta las hormonas.
- Defensa contra agentes patógenos. Transporta células inmunitarias y anticuerpos.
- Reproducción, ya que ayuda a que se produzca una erección.
- Regular la temperatura.
- Expulsar las sustancias y sales a través del filtrado del riñón manteniendo el pH de la sangre.

Tal y como podemos ver en la Figura 2 el sistema de conducción cardiovascular está formado por células cardíacas especializadas en la génesis y en la conducción del impulso eléctrico cardíaco. Lo componen las siguientes estructuras:

- Haz de His
- Nodo sinoauricular(marcapasos)
- Nodo auriculoventricular
- Red de Purkinje

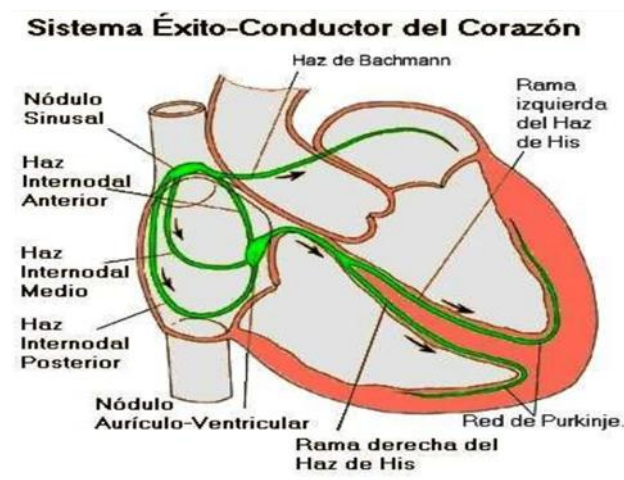


Figura 2: Sistema de conducción del corazón

Las células musculares necesitan recibir un estímulo eléctrico para que se realice la contracción del corazón. El estímulo eléctrico se genera en las células marcapasos, que se encuentran en el nodo

sinoauricular y el impulso eléctrico se propaga por las aurículas, que se van despolarizando. Cuando el impulso llega al nódulo auriculoventricular, se produce la repolarización de las aurículas. A continuación se produce la despolarización de los ventrículos cuando el impulso eléctrico viaja por el Haz de His. Esta contracción ocasiona la salida de la sangre fuera de la cavidad cardíaca.

### 3.2.1. Señales Electrocardiográficas

Las señales electrocardiográficas (ECG) son un registro de la actividad eléctrica cardíaca que hemos visto en el apartado anterior. El resultado de la suma de potenciales de acción se conoce como ondas, y estas pueden ser medidas a través de la instalación de una serie de electrodos, llamados ECG (electrocardiograma).

Para entender el concepto de señales electrocardiográficas es importante conocer la diferencia entre electrodos y derivaciones:

- **Electrodos:** sensores eléctricos requeridos para medir el potencial en determinados puntos. Para la realización de un ECG estándar se necesitan 10 electrodos, cuyos nombres son: RA, LA, RL, LL, V1, V2, V3, V4, V5 y V6. La siguiente ilustración muestra la posición de cada uno de ellos.
- **Derivaciones:** Son el registro de la diferencia de potenciales eléctricos entre dos puntos, ya sean electrodos (derivación polar) o entre un punto virtual y un electrodo (derivación monopolar).

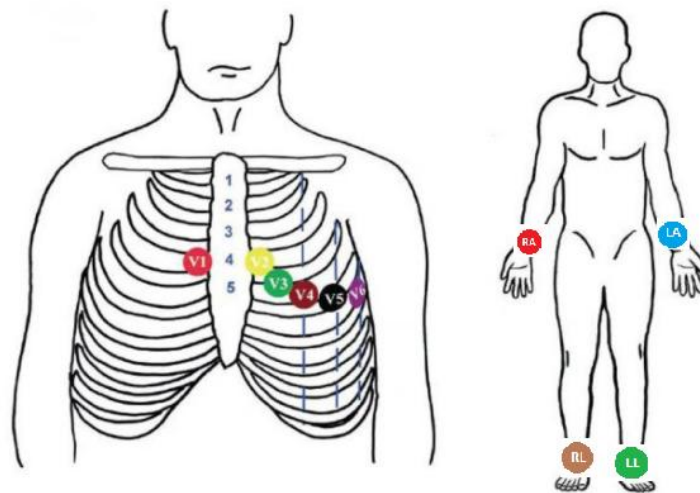


Figura 3. Disposición de los 10 electrodos

El ECG convencional consta de 12 derivaciones, que son el resultado de la exploración del corazón desde diferentes planos.

Las primeras derivaciones, se les llama, genéricamente, **derivaciones estándares, clásicas o bipolares**, ya que fueron las primeras derivaciones descubiertas. Se basan en un concepto de bipolaridad, mediante la comparativa entre dos electrodos. Hay tres tipos:

- Derivación bipolar I: Diferencia electrodo LA (brazo izquierdo) con RA (brazo derecho)
- Derivación bipolar II: Diferencia electrodo LL (pierna izquierda) con RA (brazo derecho)
- Derivación bipolar III: Diferencia electrodo LL (pierna izquierda) con LA (brazo izquierdo)

Las tres derivaciones anteriores forman el Triángulo de Einthoven, el inventor del Electrocardiograma, siendo LL el vértice inferior y RA y LA los superiores, tal que:

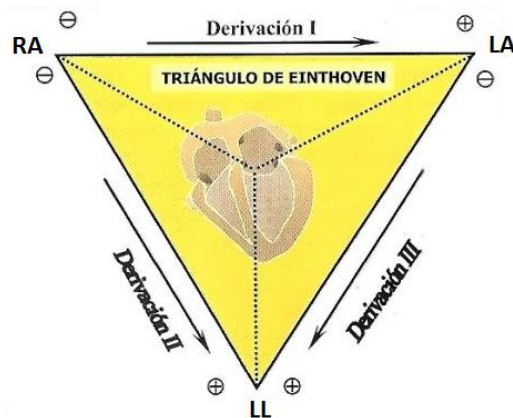


Figura 4. Triángulo de Einthoven

Las **derivaciones monopolares aumentadas** están calculadas a partir de la diferencia entre un punto teórico que está en el centro del triángulo de Einthoven, llamado punto Wilson, y los electrodos que están en las extremidades. Hay tres tipos:

- Derivación monopolar aVF: Potencial absoluto de la pierna izquierda
- Derivación monopolar aVL: Potencia absoluto del brazo izquierdo
- Derivación monopolar aVR: Potencial absoluto del brazo derecho

La “a” que acompaña a cada nombre de derivación significa “amplificada” respecto a las iniciales VR, VL y VF.

La Figura 5 siguiente resume estos tres tipos de derivación monopolar, junto con las bipolares:

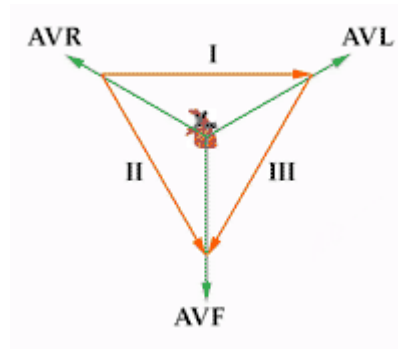


Figura 5. Derivaciones monopolares y bipolares

Por último hay las seis **derivaciones precordiales**, que también son unipolares y exploran el corazón desde el plano anterior, lateral y posterior. Son las llamadas V1, V2, V3, V4, V5 y V6, que registran el potencial absoluto del punto donde está colocado el electrodo del mismo nombre respecto al punto Wilson. Son las mejores derivaciones del electrocardiograma para precisar alteraciones en determinadas partes del corazón.

### 3.2.1.1. Ondas

El ECG está compuesto por diferentes ondas separadas por intervalos; siguiendo el orden en el que aparecen en el ECG, se denominan sucesivamente P, Q, R, S y T. Entre unas y otras aparecen lo que se denomina segmento o intervalo.

- **Onda P:** se caracteriza por ser la primera onda pequeña semicircular y positiva situada por encima del 0. Representa la activación auricular.
- **Onda Q:** suele ser pequeña, es decir, ni extensa ni profunda y representa la primera curva negativa después de la onda P y el final del intervalo QT. Corresponde al comienzo de la activación ventricular.
- **Onda R:** siempre es corta y alta. Es la primera onda positiva después de la onda Q, así como la primera onda positiva después de la onda P si no hay onda Q. Representa la activación ventricular

- **Onda S:** suele ser pequeña, al igual que la onda Q. Es la primera onda negativa después de la onda R. También representa la activación ventricular
- **Onda T:** es relativamente amplia, gruesa y semicircular y representa la primera deflexión positiva después del complejo QRS. Corresponde a la formación de impulso, es decir, la repolarización de los ventrículos. Tras el final de una onda T, se termina la acción eléctrica del corazón. Después de una pausa de duración determinada, comienza el siguiente ciclo. Cuanto mayor sea la frecuencia cardíaca, menor será el intervalo de tiempo.
- **Intervalo PR:** tiempo entre la despolarización auricular y el inicio de la despolarización ventricular.
- **Segmento PR:** Segmento que empieza con el final de la onda P y termina con el comienzo del complejo QRS. Corresponde al período entre el final de la despolarización auricular y el inicio de la despolarización ventricular.
- **Complejo QRS:** representa la propagación del estímulo, es decir, la denominada despolarización de los ventrículos. Esto supone la alteración del estado eléctrico (potencial) de las células cardíacas de los ventrículos.
- **Segmento ST:** refleja parte de la repolarización ventricular.
- **Intervalo QT:** índice de la duración total de la despolarización y repolarización ventriculares.

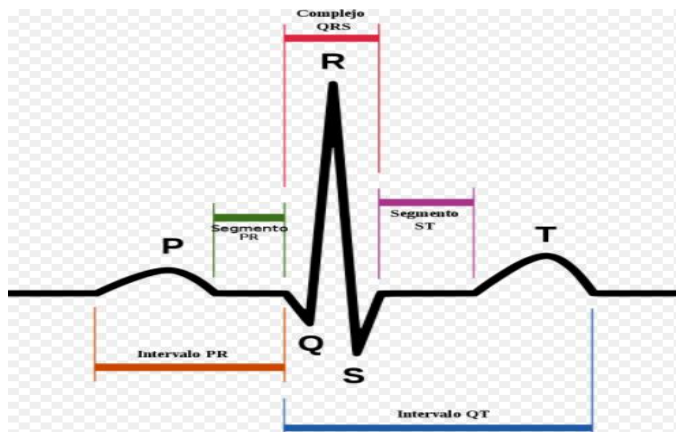


Figura 6. Onda de un ECG



### 3.2.2. Holter

El *Holter* es un dispositivo electrónico de pequeño tamaño que registra el electrocardiograma del paciente durante al menos 24 horas sin limitar la vida normal del mismo. Suele usar diversas frecuencias de muestreo, entre 128 a 1000 Hz.

El *Holter* utilizado en el proyecto es el SEER 12 de la casa *General Electrics*, con un registro de 12 derivaciones a partir de la colocación de 10 electrodos, con una frecuencia de muestreo de 128 Hz.

El registro del Holter consiste en el registro del ritmo eléctrico. Aparece una línea con varias ondas y picos que son el reflejo de la actividad del corazón. En este sentido, cabe conocer los tipos de ondas que se repiten en cada latido:

- Onda P: muestra la contracción de las aurículas
- Onda QRS: indica la contracción de los ventrículos
- Onda T: donde el corazón se relaja y se prepara para otro latido

### 3.2.3. Medición onda QT

Como hemos visto, el intervalo QT muestra el índice de la duración total de la despolarización y repolarización ventriculares. La duración del intervalo QT puede tener variaciones, siendo la frecuencia cardíaca el factor más decisivo en su duración.

Varios estudios han mostrado la dificultad que existe actualmente en cuanto a la medición de este segmento debido a las características intrínsecas de la morfología de la onda T, ya que es una onda bifásica y tiene muy cerca la onda U.

Varios estudios recomiendan que la onda U se incluya en la medida del segmento QT si es suficientemente ancha para estar unida a la onda T, aunque en caso de fibrilación auricular se propone usar el QT promedio de diez latidos. La tensión máxima que puede presentar y su interacción a diferentes tipos de ruidos. Es por esto que muchos grupos de investigación han intentado proponer algoritmos automáticos y semiautomáticos para su evaluación.

Se recomienda medir el intervalo QT en la derivación dos (D2), cinco (V5) o seis (V6).

Existen diferentes métodos de medición de la onda QT. Por ejemplo:

- Método del umbral: el final de la onda T está determinado por el punto el cual se une a la línea base isoelectrónica.

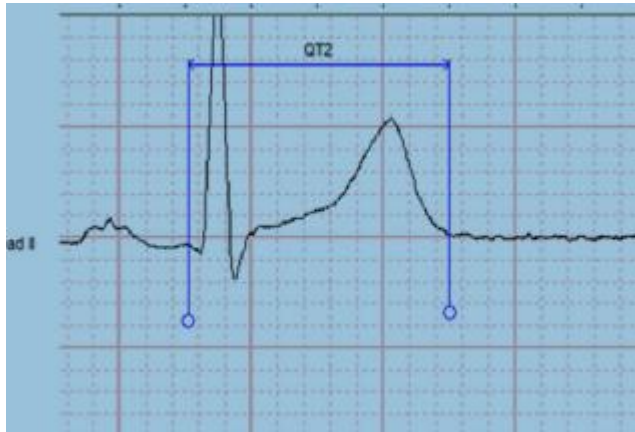


Figura 7. Medición onda QT con el método umbral

- Método de la tangente: se considera que la onda T acaba en la intersección de la tangente de la porción más inclinada de la porción descendente de la onda T.

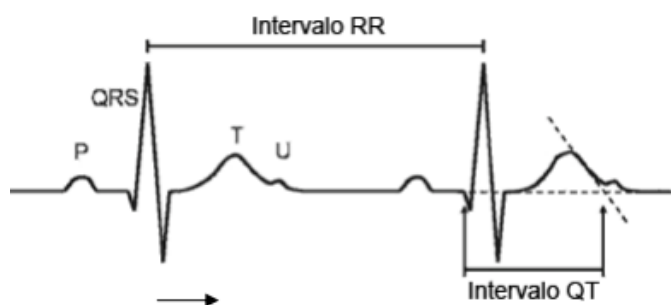


Figura 8. Medición onda QT con el método de la tangente

### 3.2.4. QT Corregido

El segmento QT depende de la frecuencia cardíaca y tiene que ajustarse a ella para su interpretación.

Para ello se usa la fórmula de Bazett, una corrección estándar que se rige por la siguiente ecuación (Eq.1.).

$$QTc = \frac{QT}{\sqrt{RR}} \quad (\text{Eq. 1.})$$

## 4. Protocolo EVA

El protocolo EVA está destinado a la extracción de los datos del Holter y posterior procesamiento de las señales con Matlab. La característica principal es que siempre es el mismo tipo de método independientemente de quien coloque el Holter, qué software se use para extraer los datos y el posterior procesamiento que se realice con Matlab.

### 4.1. Antecedentes

La iniciativa del proyecto nace de la *Unitat de Arritmies de l'Hospital Clínic de Barcelona*. Es por ese motivo que la colocación del Holter y posterior recogida se hace en el hospital y por parte del personal médico del mismo.

Al tratarse de investigación con personas, el proyecto fue aprobado por el *Comitè d'Ètica de l'Hospital Clínic*. De ese modo se asegura que en la base de datos donde se almacenan los resultados no haya datos tales como DNI, nombre, apellidos, etc. Es por este motivo que los datos de cada persona van asociados a un número de paciente en función del orden en que se obtuvieron.

### 4.2. Proceso

El proceso seguido por el *Hospital Clínic* es el siguiente:

1. Búsqueda de voluntarios a partir del repartimiento de carteles en la universidad y en el hospital
2. Una vez se tiene una lista de voluntarios, se procede a asignar día y hora a cada uno de ellos
3. En la primera visita, el personal médico procede a examinar al voluntario para obtener el peso, la altura y la presión arterial y asegurarse que no padece ningún factor excluyente
4. El voluntario debe firmar el protocolo de "*Consentiment informat*". A partir de aquí se le hace cumplimentar un cuestionario con preguntas sobre la actividad física que realiza, horarios de sueño y comidas, tipo de trabajo...
5. Se le instala el *Holter* al voluntario y se le cita para el día siguiente
6. Al día siguiente, se retira el *Holter* y se comenta con el voluntario el cuestionario cumplimentado el día anterior para confirmar los hábitos
7. Finalmente, se extraen los datos del *Holter* conectándolo al PC y ejecutando el software MARS 8.0.2. GE, con el que se revisa la señal, cambiando anotaciones que puedan generar dudas. Los datos se exportan para poder proceder con el análisis

## 5. Adquisición de señales

Como hemos podido ver, los pacientes voluntarios llevan colocado durante 24h un *Holter* que finalmente se coloca al PC para extraer el registro de la tarjeta.

El software MARS 8.0.2. GE del Holter es un programa que comercial que usan en Clínica para analizar el ritmo cardíaco y visualizar los ECGs, pero también permite exportar los datos para ser usados por los investigadores (en nuestro caso) en los siguientes formatos:

- .SIG: la señal cruda
- .HEA: dispone de la información del nombre, hora de inicio, fecha...
- .ANN: es un fichero con distintas anotaciones.

## 6. Procesado de las señales ECG

Para extraer los datos necesarios para el análisis, se ha utilizado un *software* llamado: “ECG-Kit”. Este software tiene herramientas para leer, procesar y presentar resultados. Contiene una colección de algoritmos para Matlab para poder procesar señales electrocardiográficas tales como:

- Detectores QRS.
- Detectores de onda de pulso
- Algoritmos del paquete de software WFDB de Physionet.

Los pasos que hemos seguido para adquirir los resultados son los siguientes:

1. Instalar el software ECG-Kit mediante el fichero script *InstallECGKit.m*

Este fichero accede directamente a la web donde se encuentra el fichero para descargar y lo instala en el PC y en Matlab.

Solo es compatible con Windows y Linux.

2. Ejecutamos el script *ANALIZAR.m*

- Hemos escogido un segmento de 12 segundos de las 12 derivaciones del Holter durante el día y la noche, con bajo nivel de ruido. Estos 12 segundos equivalen a 1500 muestras.
- Sobre cada derivación se detectaron los complejos QRS con el método de Pan-Tompkins(Pan-Tompkins, IEEE TBME, 1985).

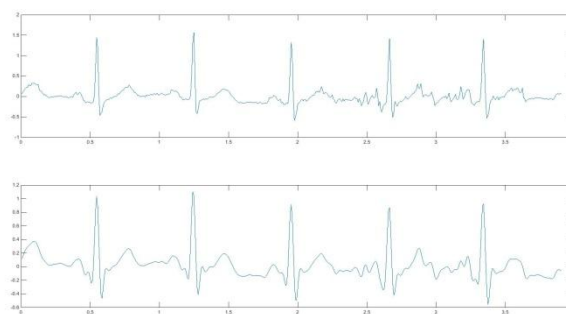


Figura 9. Señal con ruido (arriba) vs señal filtrada (abajo).

- Se ha utilizado un algoritmo para delinear las ondas de cada latido del ECG, para poder hallar e identificar el inicio del QRS y el final de la onda T, usando el método basado en la transformada wavelet discreta de Martinez et al, 2004 (Martinez, IEEE TBME, 2004).

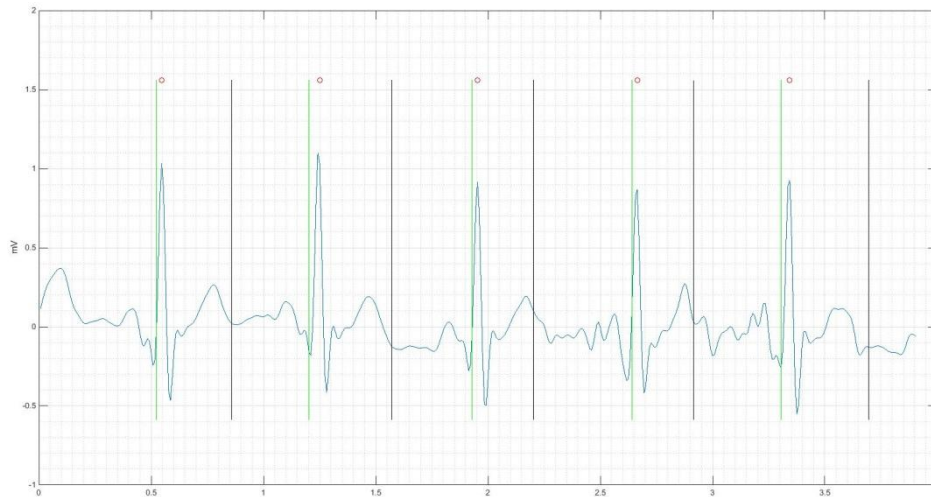


Figura 10. Inicio del complejo QRS y final de la onda T

- De los valores de tiempos del pico de la onda R, inicio del QRS y final de la onda T, se calculan los intervalos RR, QT y QT corregidos respecto al RR de los latidos de cada segmento de 12s del día y noche de cada voluntario disponible en la base de datos del proyecto.
- Seguidamente se realiza un promedio de los valores RR, QT y QTc para poder proporcionar los valores medios de cada segmento:
  - RRMeanM: RR medio de día.
  - RRMeanN: RR medio de noche.
  - HRM: Ritmo cardíaco (Heart Rate) por la mañana.
  - HRN: Ritmo cardíaco (Heart Rate) por la noche.
  - QTMeanM: Segmento QT por la mañana.
  - QTMeanN: Segmento QT por la noche.
  - QTCM: Segmento QT corregido por la mañana.
  - QTCN: Segmento QT corregido por la noche.

3. A continuación leemos los resultados obtenidos anteriormente uno por uno en referencia a cada paciente y los guardamos en un libro Excel para su análisis. (Anexo B2).

Con este script se leen los resultados obtenidos anteriormente y los guarda en un libro Excel.

Figura 11. Libro de resultados Excel

4. Abrimos el programa IBM SPSS e introducimos el libro Excel obtenido anteriormente para poder proceder al análisis estadístico.

Figura 12. Base de datos SPSS

## 7. Análisis estadístico

A continuación se explicará los procedimientos y pasos que se han seguido con la ayuda del software IBM SPSS para poder analizar los datos obtenidos.

Primero de todo debemos tener la base de datos introducida en el software.

### 7.1. Estudio de la normalidad

La primera acción a realizar es estudiar y analizar la normalidad de los datos. Esto se llevará a cabo con el test de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Este test se basa en no descartar la hipótesis nula, es decir, tomamos la hipótesis que los datos se distribuyen con normalidad con un nivel de confianza de un 5% de error. Entonces la muestra sigue una distribución normal si  $p > 0,05$ .

Para realizar el test de Kolmogorov-Smirnov (K-S) los pasos a seguir con el software SPSS son:

1. Analizar
2. Estadísticos descriptivos
3. Explorar



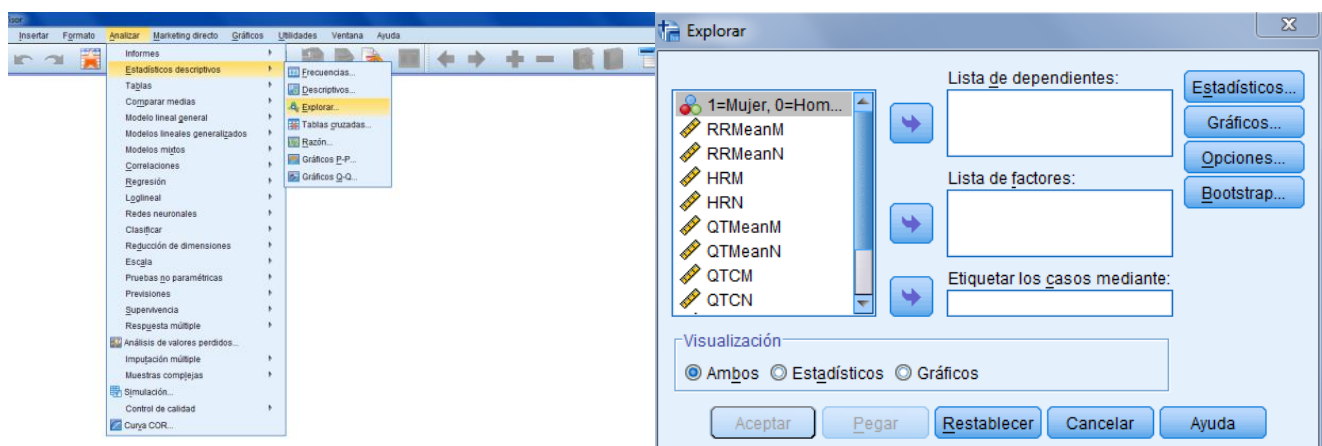


Figura 13. Pasos a seguir para realizar test de Kolmogorov-Smirnov

A continuación introduciremos en la lista de dependientes las variables que queremos estudiar. En la opción “gráficos”, escogeremos que nos compruebe la normalidad.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RRMeanM	,058	64	,200*	,989	64	,831
RRMeanN	,087	64	,200*	,951	64	,012
HRM	,075	64	,200*	,967	64	,085
HRN	,101	64	,172	,911	64	,000
QTMeanM	,219	64	,000	,738	64	,000
QTMeanN	,173	64	,000	,846	64	,000
QTCM	,173	64	,000	,840	64	,000
QTCN	,327	64	,000	,418	64	,000

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 1. Prueba de normalidad de las variables

Debemos fijarnos en la columna de Kolmogorov-Smirnov, en la subcolumna “Sig.”. Podemos observar que RRMeanM, RRMeanN, HRM, HRN siguen una distribución normal ya que Sig.>0,05. Los demás tienen un valor de 0 en la tabla ya que solo muestra 3 decimales, correspondiente a valores p < 0.001. No siguen un patrón normal.

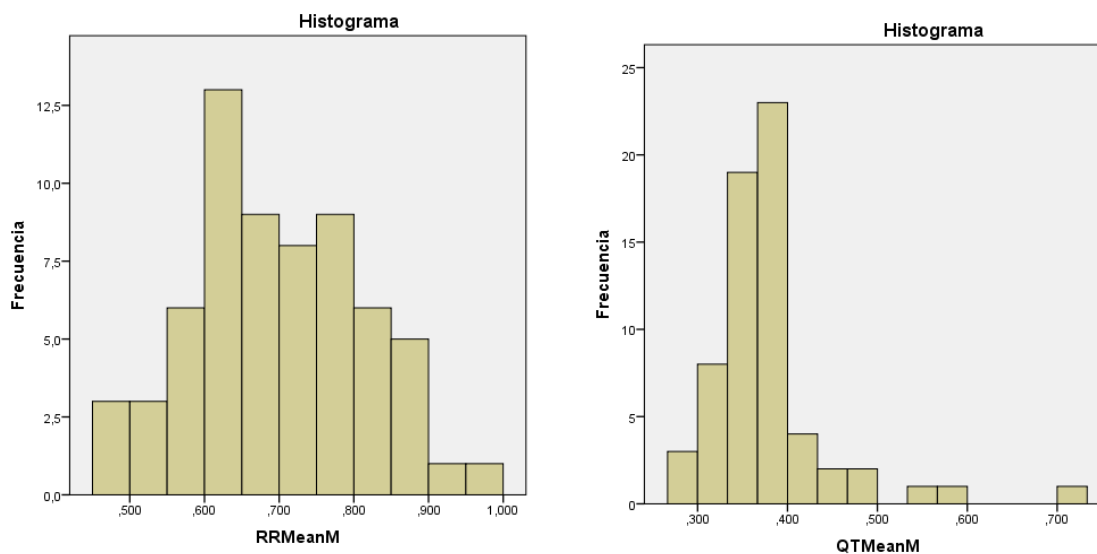


Figura 14. Histograma de RRMeanM y QTMeanM

También se puede complementar el test K-S adjuntando histogramas y gráficos Q-Q que refuerzan los resultados, dando una interpretación mucho más visual. A continuación los observamos de una variable con una distribución normal (RRMeanM) y una no normal (QTMeanM).

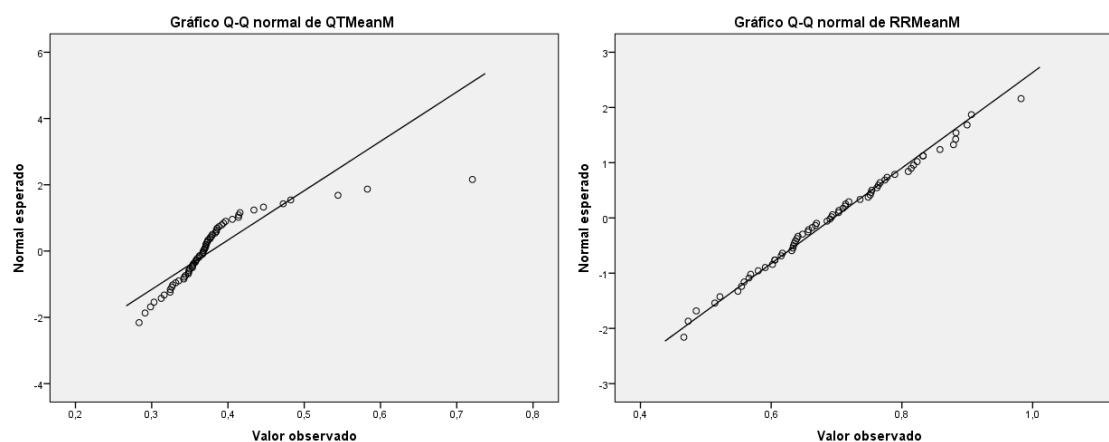


Figura 15. Gráficos QQ de RRMeanM y QTMeanM

Además de realizar el test de normalidad de todas las muestras, lo hemos hecho dividiendo la muestra en hombres y mujeres. Se presentará la tabla en el apartado de resultados.

Ha existido el caso de parámetros que de manera general muestran una distribución no normal, pero si lo separas por sexos si siguen una distribución normal.

El test de la normalidad nos servirá para poder decidir si aplicamos pruebas paramétricas o no paramétricas en los siguientes casos.

- Pruebas no paramétricas: no se requiere conocer la distribución de la muestra. Se usan métodos de distribución libre.
- Pruebas paramétricas: se conoce el modelo de distribución de la población de estudio y se requiere conocer la distribución de la muestra.

En los casos nombrados anteriormente, los cuales según el sexo presentaban una distribución normal o no, los hemos estudiado repetidamente. Aplicando la T-Student cuando siguen una distribución normal y aplicando la prueba de Mann-Whitney cuando no la presentaban.

## 7.2. Pruebas paramétricas. T-Student

Aplicaremos la prueba T-Student a las muestras que presentan una distribución normal.

Se comparan dos grupos de variables y se parte de una hipótesis nula que es que los grupos presentan medias parecidas para el índice avaluado o bien que los datos no están correlacionados entre sí, mientras que la hipótesis alternativa es que los grupos son diferentes o que si que existe una correlación. La confianza es de  $p < 0.05$ .

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
RRMeanM	Se asumen varianzas iguales	1,123	,293	4,098	62	,000	,111524	,027215	,057121	,165926
	No se asumen varianzas iguales			3,766	34,107	,001	,111524	,029615	,051347	,171701
RRMeanN	Se asumen varianzas iguales	,907	,345	4,109	62	,000	,165283	,040223	,084879	,245687
	No se asumen varianzas iguales			3,804	34,735	,001	,165283	,043455	,077040	,253525
HRM	Se asumen varianzas iguales	,000	,987	-3,468	62	,001	-12,85558	3,70716	-20,26609	-5,44507
	No se asumen varianzas iguales			-3,343	38,647	,002	-12,85558	3,84595	-20,63702	-5,07414
HRN	Se asumen varianzas iguales	2,417	,125	-3,738	62	,000	-21,51861	5,75641	-33,02550	-10,01171
	No se asumen varianzas iguales			-4,285	59,613	,000	-21,51861	5,02235	-31,56615	-11,47107

Tabla 2. Prueba T-Student de las variables

Además, para poder estudiar el parámetro de la altura y el ejercicio físico, hemos tenido que estudiar cómo se comportan estas variables.

A continuación, hemos aplicado la prueba T-Student para las muestras que presentan una distribución normal aplicando el parámetro de la altura dividiendo el grupo en la mediana de la altura de la población, y también separando hombres y mujeres con su respectiva mediana.

También hemos realizado lo mismo con el parámetro del ejercicio físico. Primeramente de manera general, y seguidamente dividiendo en hombres y mujeres.

### 7.3. Pruebas no paramétricas.

Para los parámetros que no siguen una distribución normal hemos aplicado la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas (Día vs. Noche) y Mann-Whitney entre grupos independientes (Hombres vs. Mujeres, etc.)

#### Prueba de Mann-Whitney

Rangos				
	1=Mujer, 0=Hombre	N	Rango promedio	Suma de rangos
QTMeanM	0	22	33,75	742,50
	1	42	31,85	1337,50
	Total	64		
QTMeanN	0	22	33,93	746,50
	1	42	31,75	1333,50
	Total	64		
QTCM	0	22	27,93	614,50
	1	42	34,89	1465,50
	Total	64		
QTCN	0	22	21,84	480,50
	1	42	38,08	1599,50
	Total	64		

Tabla 3. Rangos de QTMeanM, QTMeanN, QTCM y QTCN

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>				
	QTMeanM	QTMeanN	QTCM	QTCN
U de Mann-Whitney	434,500	430,500	361,500	227,500
W de Wilcoxon	1337,500	1333,500	614,500	480,500
Z	-,389	-,445	-1,421	-3,315
Sig. asintótica (bilateral)	,697	,656	,155	,001

a. Variable de agrupación: 1=Mujer, 0=Hombre

Tabla 4. Prueba Mann-Whitney de QTMeanM, QTMeanN, QTCM y QTCN

## 7.4. Correlaciones

A continuación se aplicará la correlación de Pearson. Se parte de una hipótesis nula que consiste en que no hay correlación entre los dos índices que estas comparando. Si  $p < 0.05$  se puede rechazar la hipótesis nula y aceptar la alternativa, es decir, que existe una relación entre las dos variables estudiadas.

## 7.5. Comparativa medición QT

Para poder validar el software que nos indica el inicio del complejo QRS y el final de la onda T, hemos contactado con dos profesionales, un médico cardiólogo y médico de familia. El médico cardiólogo ha calculado el intervalo QT usando un software de cálculo sobre la imagen, y el médico de familia ha utilizado el método tradicional de medición a simple vista.

## 8. Resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos que se han considerado más relevantes. Aun así, en los anexos se pueden observar todos los resultados obtenidos.

### 8.1. Pruebas de normalidad

INTERVALO	VALOR p		
	GENERAL	HOMBRES	MUJERES
RRMeanM(ms)	0,2	0,2	0,2
RRMeanN(ms)	0,2	0,2	0,2
HRMeanM(lat/min)	0,2	0,05	0,2
HRMeanN(lat/min)	0,172	0,2	0,125
QTMeanM(ms)	< 0,001	< 0,001	0,095
QTMeanN(ms)	< 0,001	0,146	0,01
QTCMeanM(ms)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
QTCMeanN(ms)	< 0,001	0,2	< 0,001

Tabla 5. Prueba de normalidad de todas las variables.

En la tabla 5 podemos observar que analizando las variables de forma general, RRMeanM, RRMeanN, HRMeanM y HRMeanN siguen una distribución normal. Por lo contrario, QTMeanM, QTMeanN, QTCMeanM y QTCMeanN no la siguen.

Además, vemos que si dividimos la población en hombres y mujeres, la QTMeanN y la QTCMeanN en los hombres y la QTMeanM de las mujeres siguen una distribución normal, por lo que se tiene que tener en cuenta posteriormente.

### 8.2. Pruebas paramétricas

A continuación, en la tabla 6 se muestra la prueba T-Student realizada entre hombres y mujeres con las variables que siguen una distribución normal.

INTERVALO	Media± SD		VALOR p
	HOMBRES	MUJERES	GENERAL
RRMeanM(ms)	769±122	657±92	<0,001
RRMeanN(ms)	795±177	630±139	<0,001
HRMeanM(lat/min)	80,2±15,1	93,1±13,5	<0,001
HRMeanN(lat/min)	78,7±15,5	100,2±24,5	<0,001

Tabla 6. Prueba T-Student entre hombres y mujeres

Para poder estudiar la altura de la población, se ha calculado la mediana mediante los análisis descriptivos. Así pues, se han creado dos grupos para la altura siguiendo el criterio de la mediana. En la tabla 7 podemos ver una tabla-resumen de los resultados.

	Media± SD		VALOR p
INTERVALO	>=169 N=35	<169 N=29	
RRMeanM(ms)	715±125	672±101	0,142
RRMeanN(ms)	720±192	645±133	0,08
HRMeanM(lat/min)	86,6±15,9	91,3±14,3	0,219
HRMeanN(lat/min)	89,5±26,9	96,8±19,7	0,23

Tabla 7. Prueba T-Student de la población general relacionada con la altura.

A continuación se han realizado los pasos anteriores pero dividiendo la población en hombres y mujeres. Por lo tanto se tiene que analizar la mediana para cada uno de ellos.

MUJER	Media± SD		VALOR p
INTERVALO	>=166 N=21	<166 N=21	
RRMeanM(ms)	672±102	642±82	0,308
RRMeanN(ms)	654±166	605±103	0,257
HRMeanM(lat/min)	91,4±14,5	94,9±12,5	0,404
HRMeanN(lat/min)	98,4±29,8	102,1±18,2	0,632

Tabla 8. Prueba T-Student de mujeres relacionada con la altura.

HOMBRE	Media± SD		VALOR p
INTERVALO	>=180 N=11	<180 N=11	
RRMeanM(ms)	792±118	745±126	0,37
RRMeanN(ms)	834±205	756±144	0,317
HRMeanM(lat/min)	77,4±12,7	83,2±17,4	0,385
HRMeanN(lat/min)	75,8±17,5	81,6±13,3	0,391

Tabla 9. Prueba T-Student de hombres relacionada con la altura.

A continuación se realiza el mismo análisis pero en referencia al ejercicio físico.

GENERAL	Media $\pm$ SD		VALOR p
INTERVALO	$\geq 138$ N=32	$< 138$ N=32	
RRMeanM(ms)	712 $\pm$ 124	679 $\pm$ 106	0,251
RRMeanN(ms)	758 $\pm$ 177	615 $\pm$ 133	0,001
HRMeanM(lat/min)	86,9 $\pm$ 16	90,6 $\pm$ 14,5	0,338
HRMeanN(lat/min)	83,1 $\pm$ 17,8	102,6 $\pm$ 24,7	0,001

Tabla 10. Prueba T-Student de la población general relacionada con el ejercicio físico.

MUJER	Media $\pm$ SD		VALOR p
INTERVALO	$\geq 104$ N=22	$< 104$ N=20	
RRMeanM(ms)	667 $\pm$ 95	647 $\pm$ 91	0,497
RRMeanN(ms)	683 $\pm$ 137	570 $\pm$ 116	0,006
HRMeanM(lat/min)	91,8 $\pm$ 13,1	94,6 $\pm$ 14,1	0,5
HRMeanN(lat/min)	91,1 $\pm$ 17,7	119,3 $\pm$ 27,3	0,01

Tabla 11. Prueba T-Student de mujeres relacionada con el ejercicio físico.

HOMBRE	Media $\pm$ SD		VALOR p
INTERVALO	$\geq 234$ N=11	$< 234$ N=11	
RRMeanM(ms)	787 $\pm$ 102	750 $\pm$ 142	0,496
RRMeanN(ms)	827 $\pm$ 199	762 $\pm$ 156	0,404
HRMeanM(lat/min)	77,4 $\pm$ 9,8	83,2 $\pm$ 19,2	0,384
HRMeanN(lat/min)	75,9 $\pm$ 15,8	81,5 $\pm$ 15,4	0,411

Tabla 12. Prueba T-Student de hombres relacionada con el ejercicio físico.



### 8.3. Pruebas no paramétricas

En la tabla 13 podemos ver los diferentes percentiles de la población general.

GENERAL		Mediana (rango intercuartil)	
INTERVALO	M (día)	N (noche)	Valor p
QTMean (ms)	368 (348-386)	356 (335-381)	ns
QTc (ms)	430 (412-475)	439 (409-471)	ns

Tabla 13. Prueba de Mann-Whitney de la población general.

A continuación en la tabla 14 y tabla 15 podemos ver los diferentes percentiles divididos en hombres y mujeres respectivamente.

MUJER		Mediana (rango intercuartil)	
INTERVALO	M (día)	N (noche)	Valor p
QTMean (ms)	369 (349-385)	356 (326-385)	ns
QTc (ms)	446 (417-473)	449 (429-487)	ns

Tabla 14. Prueba de Mann-Whitney de las mujeres.

HOMBRE		Mediana (rango intercuartil)	
INTERVALO	M (día)	N (noche)	Valor p
QTMean (ms)	367 (343-399)	356 (347-382)	ns
QTc (ms)	420 (399-514)	419 (384-444)	ns

Tabla 15. Prueba de Mann-Whitney de los hombres.

## 8.4. Correlación

En la tabla 16 podemos observar la tabla de correlaciones general.

		GENERAL		HOMBRE		MUJER	
		Altura	Ejercicio	Altura	Ejercicio	Altura	Ejercicio
RRmeanM	Corr.Pearson	,414**	,353**	,267	,209	,036	,240
	Sig.(bilateral)	,001	,004	,229	,349	,822	,127
RRMeanN	Corr.Pearson	,395**	,491**	,289	,266	-,042	,515**
	Sig.(bilateral)	,001	,000	,192	,231	,793	,000
HRM	Corr.Pearson	-,379**	-,330**	-,286	-,199	-,045	-,233
	Sig.(bilateral)	,002	,008	,196	,374	,778	,138
HRN	Corr.Pearson	-,307*	-,475**	-,312	-,278	,117	-,476**
	Sig.(bilateral)	,013	,000	,158	,211	,460	,001
QTMeanM	Corr.Pearson	,223	,179	,161	,081	,137	,043
	Sig.(bilateral)	,076	,158	,475	,720	,388	,785
QTMeanN	Corr.Pearson	,088	,005	,205	-,050	-,020	,165
	Sig.(bilateral)	,490	,970	,360	,826	,902	,296
QTCM	Corr.Pearson	,112	,101	,067	,013	,118	,171
	Sig.(bilateral)	,376	,428	,766	,953	,456	,279
QTCN	Corr.Pearson	-,132	-,100	-,106	-,244	,096	,028
	Sig.(bilateral)	,299	,432	,640	,274	,547	,860

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

\* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Tabla 16. Correlación general , hombres y mujeres de las variables.

Podemos observar que hay correlación entre el RRmeanM, RRMeanN, HRM y HRN tanto con la altura y el ejercicio de la población general. Además en las mujeres existe una correlación entre HRN y RRMeanM y el ejercicio.

A continuación podemos ver los siguientes gráficos que muestran la correlación existente.

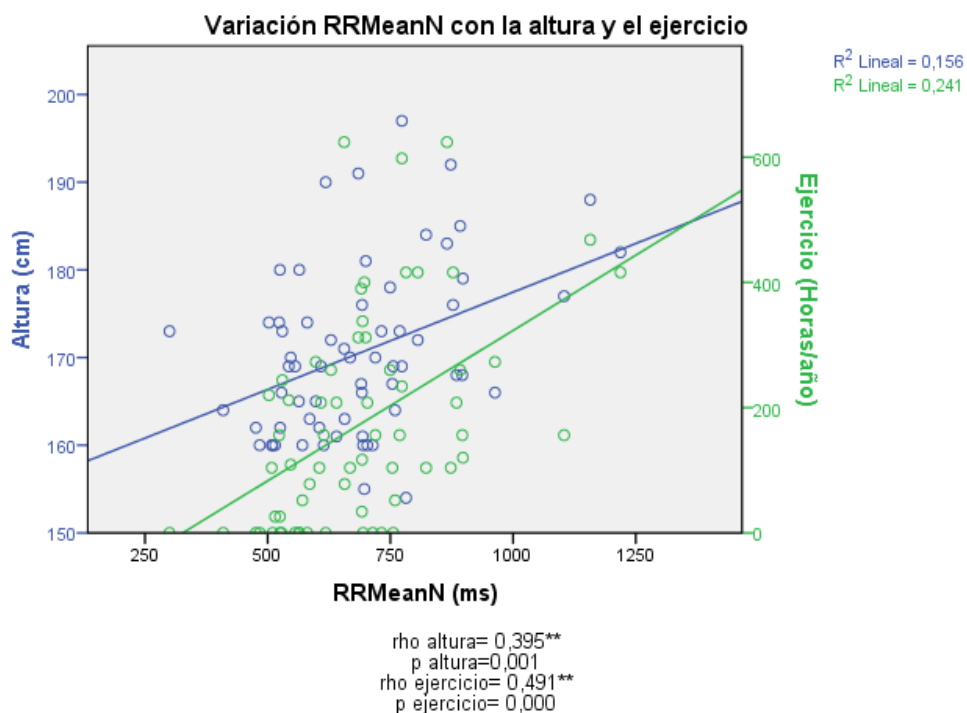


Figura 16. Variación RRMeanM con la altura y el ejercicio.

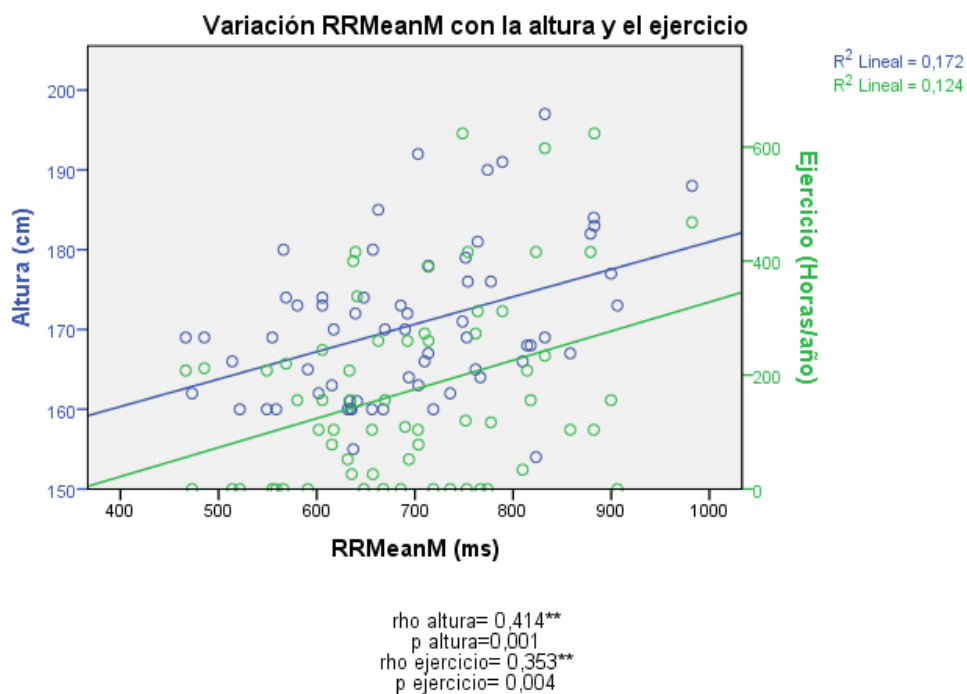


Figura 17. Variación RRMeanM con la altura y el ejercicio.

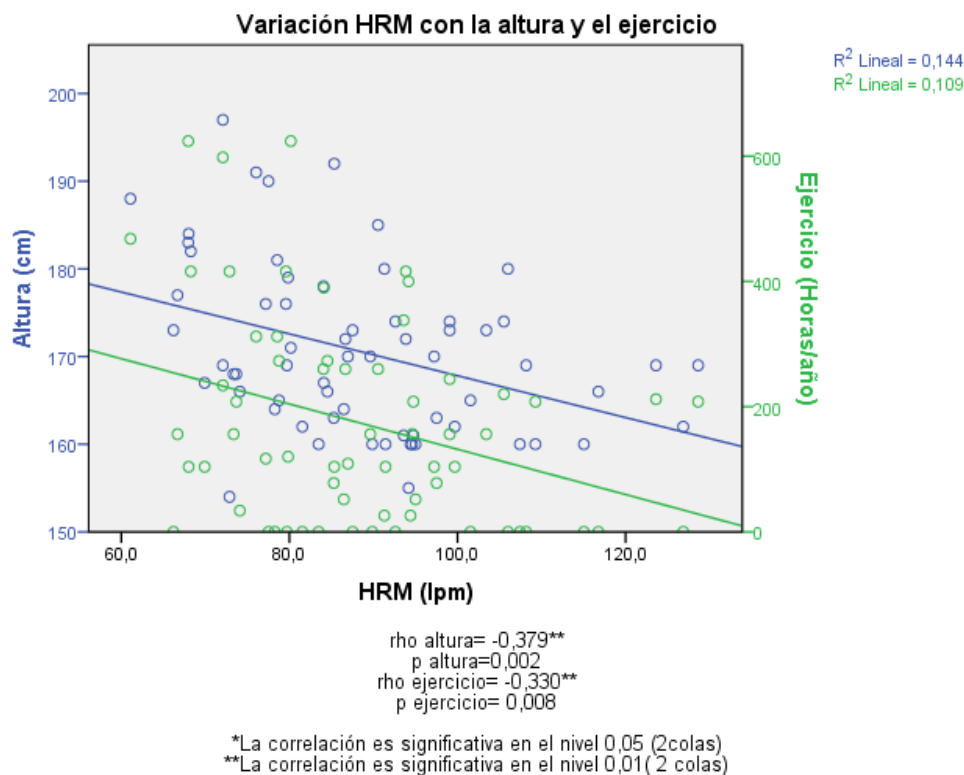


Figura 18. Variación HRM con la altura y el ejercicio.

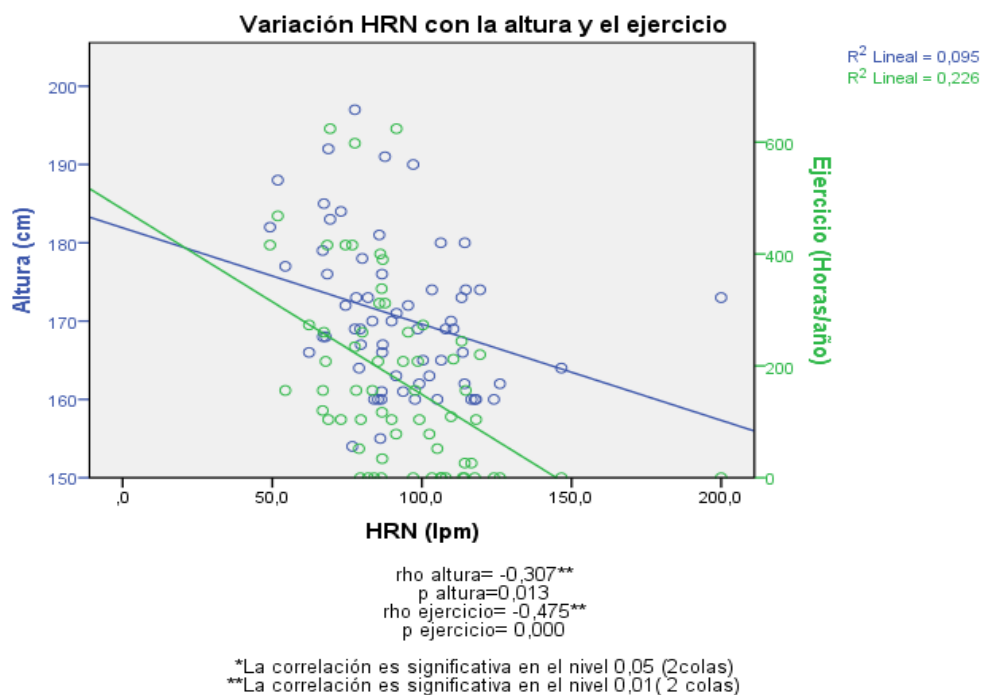


Figura 19..Variación HRN con la altura y el ejercicio.

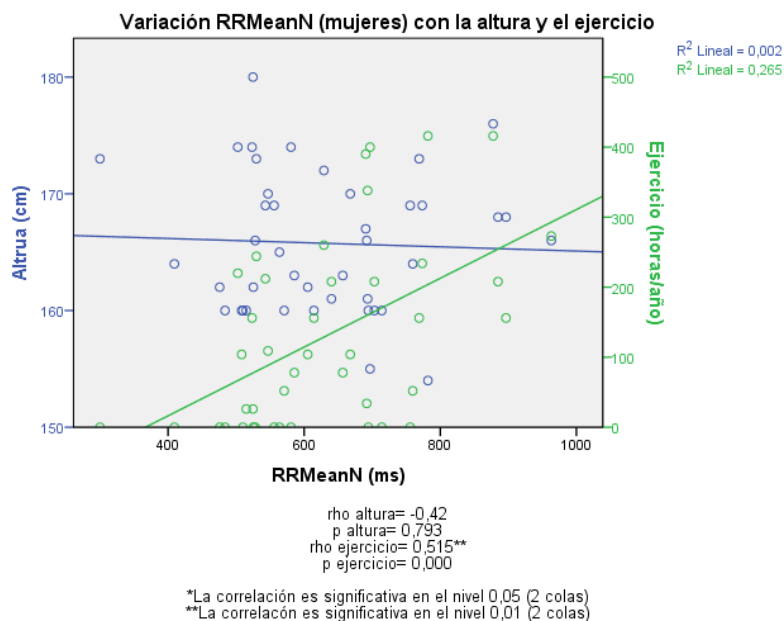


Figura 20. Variación RRMeanN de las mujeres con la altura y el ejercicio.

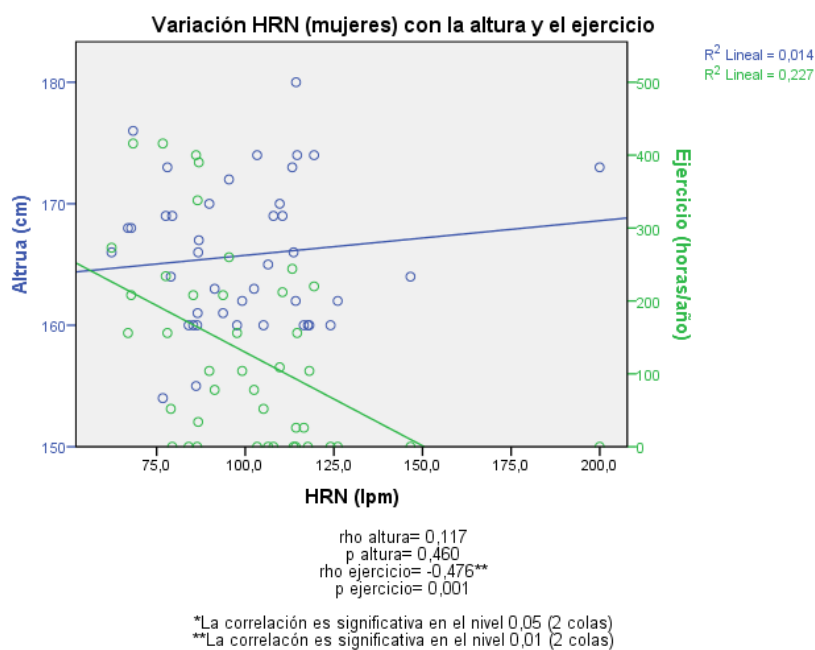


Figura 21. Variación HRN de las mujeres con la altura y el ejercicio.

## 8.5. Comparativa medición QT

A continuación podemos ver la comparativa realizada entre la medición del intervalo QT del software y de dos médicos.

Paciente	Valor QT(ms)		Error
	Software	Médico Cardiólogo	
6	367	376	2,4%
28	328	348	5,8%
46	324	315	2,7%
94	359	340	5,7%

Tabla 17. Comparativa medición QT Software vs Médico Cardiólogo

Paciente	Valor QT(ms)		Error
	Software	Médico General	
6	367	360	1,9%
28	328	380	13,7%
46	324	340	4,7%
94	359	360	0,3%

Tabla 18. Comparativa medición QT Software vs Médico General

Paciente	Valor QT(ms)			Error
	Software	Médico Cardiólogo	Médico General	
6	367	376	360	2,2%
28	328	348	380	9,7%
46	324	315	340	3,7%
94	359	340	360	3,0%

Tabla 19. Comparativa medición QT Software vs Médico Cardiólogo vs Médico General

## 9. Análisis del impacto ambiental

Este proyecto tiene diferentes impactos ambientales:

- Los electrodos que se usan son de un solo uso, es decir, después de llevar el *Holter* durante 24h se tiran y generan residuo.
- Las mallas que se usan para aguantar los cables del electrodo también son de un solo uso y se genera residuos.
- Las gasas que se usan para evitar los posibles roces de la piel con la malla son de un solo uso y se tiran al cabo de utilizar el *Holter* 24h.
- Las baterías del *Holter* son recargables, y al fin de su vida útil hace falta tirarlos en el contenedor específico de pilas para que se puedan reutilizar y no generen un gran impacto ambiental.
- El gasto eléctrico del ordenador.

## Conclusiones

Basado en el desarrollo y en los resultados finales obtenidos de este proyecto, podemos concluir:

- Las variables RRMeanM, RRMeanN, HRM y HRN siguen una distribución normal, al contrario que QTMeanM, QTMeanN, QTCM y QTCN.
- Existe una diferencia entre el RR durante el día y durante la noche en reposo. El RR es mayor por la mañana lo que indica que la frecuencia cardíaca es menor, ya que están inversamente relacionadas.
- Existe una diferencia por sexos de la variable RR, ya que es mayor en hombres que en mujeres, que a su vez indica que la frecuencia cardíaca es menor en hombres que en mujeres.
- El QT corregido por la noche es ligeramente mayor que el QT corregido en la mañana.
- Los pacientes con una altura mayor o igual a 169cm tienen un índice mayor del RRMeanM y RRMean N, y a su vez, un índice menor de HRM y HRN que los pacientes con menos altura de 169 cm.
- Los pacientes con sexo femenino mayores o igual de 166 cm tienen un índice mayor del RRMeanM y RRMean N, y a su vez, un índice menor de HRM y HRN que los pacientes con menos altura de 166 cm.
- Los pacientes mayores de 169cm tienen un índice mayor QTMeanM y QTMeanN y a su vez, un índice menor de HRM y HRN que los pacientes con menos altura de 166 cm.
- Los pacientes de sexo femenino mayores de 166cm poseen un parecido en el QTMeanM, mientras que tienen un QTMeanN superior a los pacientes con menos altura de 166 cm.
- Los pacientes de sexo masculino mayores de 180cm poseen el QTMeanM y el QTMeanN superior a los pacientes con menos altura de 180cm.
- Los pacientes de sexo femenino que realizan 104 horas o más de ejercicio al año tienen un índice mayor del RRMeanM y RRMeanN, y a su vez, un índice menor de HRM y HRN que los pacientes que no llegan a las 104 horas de ejercicio al año.



- Los pacientes de sexo masculino que realizan más o 234 horas de ejercicio al año tienen un índice mayor del RRMeanM y RRMeanN, y a su vez, un índice menor de HRM y HRN que los pacientes que no llegan a las 234 horas de ejercicio al año.
- En la población general existe una relación entre la altura y el RRMeanM y RRMeanN. Cuanta más altura, más elevado es el valor de RR. La correlación es más fuerte con RRMeanM.
- En referencia al punto anterior, existe una relación entre la altura y la frecuencia cardíaca, ya que son inversamente proporcionales. Cuanta más altura, menor es la frecuencia cardíaca.
- En la población general existe una relación entre el ejercicio realizado y el RRMeanM y RRMeanN. Cuanto más ejercicio más elevado es el valor de RR. La correlación es más fuerte con RRMeanN.
- En referencia al punto anterior, existe una relación entre el ejercicio realizado y la frecuencia cardíaca, ya que son inversamente proporcionales. Cuanto más ejercicio, menor es la frecuencia cardíaca.
- En la población femenina, existe una relación entre el ejercicio realizado y la variable RRMeanN. Cuanta más altura de las mujeres, mayor es el valor de RRMeanN.
- En referencia al punto anterior, existe una relación entre la altura de las mujeres y la frecuencia cardíaca, ya que son inversamente proporcionales. Cuanta más altura, menor es la frecuencia cardíaca.
- El software usado en el proyecto para la medición del segmento QT, que nos indica el inicio del complejo QRS y el final de la onda T, podemos darlo por válido y eficaz ya que el mayor error encontrado sobre otro software de cálculo sobre la imagen usado por profesionales es de un 6%.
- Es importante el uso de software para medir el intervalo QT ya que hemos podido comprobar que hay bastante diferencia con la medida del mismo a simple vista empleada por un médico profesional.

- Todavía se debe seguir desarrollando métodos confiables para medir el final de la onda T que puedan ser usados automáticamente en la práctica Clínica. Las morfologías variables de la onda T en patologías como por ejemplo la isquemia o la repolarización temprana hacen que la medida automática de la onda T sea aún un desafío tecnológico para la medicina.

## Presupuesto

A continuación podemos ver el presupuesto de este proyecto. No representa un presupuesto del proyecto EVA desarrollado por el *Hospital Clínic*, sino un presupuesto del estudio llevado a cabo para evaluar la actividad cardíaca y su variabilidad en jóvenes sanos.

CONCEPTO	COSTE
Holter General Electrics	2.280 €
Ordenador	350 €
Material: licencia software SPSS	1.100 €
Ingeniero júnior:	9*600 = 7.000 €
Ingeniero sénior	28*250= 9.000 €

**TOTAL: 19.730 €**



## Bibliografia

- Bednar, M M, E P Harrigan, R J Anziano, A. John Camm, and J N Ruskin. 2001. "The QT Interval." *Progress in Cardiovascular Diseases* 43 (5 SUPPL. 1): 1–45. doi:10.1053/pcad.2001.21469.
- Couderc, J.-P. 2009. "Measurement and Regulation of Cardiac Ventricular Repolarization: From the QT Interval to Repolarization Morphology." *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 367 (1892): 1283–99. doi:10.1098/rsta.2008.0284.
- Couderc, Jean Philippe. 2009. "Cardiac Regulation and Electrocardiographic Factors Contributing to the Measurement of Repolarization Variability." *Journal of Electrocardiology* 42 (6). Elsevier Inc.: 494–99. doi:10.1016/j.jelectrocard.2009.06.019.
- Couderc, Jean Philippe, Connor Beshaw, Xiaodan Niu, Ernesto Serrano-Finetti, Oscar Casas, Ramon Pallas-Areny, Spencer Rosero, and Wojciech Zareba. 2017. "The QT Scale: A Weight Scale Measuring the QTc Interval." *Annals of Noninvasive Electrocardiology: The Official Journal of the International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiology, Inc* 22 (1). doi:10.1111/anec.12378.
- Couderc, Jean Philippe, Christine Garnett, Mike Li, Robert Handzel, Scott McNitt, Xiajuan Xia, Slava Polonsky, and Wojciech Zareba. 2011. "Highly Automated QT Measurement Techniques in 7 Thorough QT Studies Implemented under ICH E14 Guidelines." *Annals of Noninvasive Electrocardiology* 16 (1): 13–24. doi:10.1111/j.1542-474X.2010.00402.x.
- Darpo, Borje, Anthony A. Fossa, Jean Philippe Couderc, Meijian Zhou, Anna Schreyer, Mark Ticktin, and Alex Zapesochny. 2011. "Improving the Precision of QT Measurements." *Cardiology Journal* 18 (4): 401–10.
- Gomis, Pedro, Pere Caminal, Montserrat Vallverdú, Stafford G. Warren, Phyllis K. Stein, and Galen S. Wagner. 2012. "Assessment of Autonomic Control of the Heart during Transient Myocardial Ischemia." *Journal of Electrocardiology* 45 (1). Elsevier Inc.: 82–89. doi:10.1016/j.jelectrocard.2011.08.013.
- Manual, User. 2010. "GE Healthcare 12-Channel Holter ECG Digital Recorder."
- Martínez, J. P., Almeida, R., Olmos, S., Rocha, A. P., & Laguna, P. 2004. A wavelet-based ECG delineator: evaluation on standard databases. *IEEE Transactions on biomedical engineering*, 51(4), 570-581.
- Meiser, Karin, Pierre Jordaán, Sasha Latypova, and Borje Darpo. 2017. "Comparing QT Interval Variability of Semiautomated and High-Precision ECG Methodologies in Seven Thorough QT Studies-Implications for the Power of Studies Intended for Definitive Evaluation of a Drug's QT Effect." *Annals of Noninvasive Electrocardiology: The Official Journal of the International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiology, Inc* 22 (1): 1–8. doi:10.1111/anec.12416.
- Montero, Luis Zarco. n.d. "Sistema Nervioso Central Y Endotelio," 1–22.

- Mortara, David W. 2009. "Automated QT Measurement and Application to Detection of Moxifloxacin-Induced Changes." *Annals of Noninvasive Electrocardiology* 14 (SUPPL. 1): 30–34. doi:10.1111/j.1542-474X.2008.00262.x.
- Pan, Jiapu; Tompkins, Willis J. 1985. A real-time QRS detection algorithm. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, no 3, p. 230-236.
- Postema, Pieter G., Jonas S.S.G. De Jong, Ivo A.C. Van der Bilt, and Arthur A.M. Wilde. 2008. "Accurate Electrocardiographic Assessment of the QT Interval: Teach the Tangent." *Heart Rhythm* 5 (7): 1015–18. doi:10.1016/j.hrthm.2008.03.037.
- Pueyo, Esther, Juan Pablo Martínez, and Pablo Laguna. 2009. "Cardiac Repolarization Analysis Using the Surface Electrocardiogram." *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 367 (1887): 213–33. doi:10.1098/rsta.2008.0230.
- Salvi, Vaibhav, Dilip R. Karnad, Gopi Krishna Panicker, Mili Natekar, Pooja Hingorani, Vaibhav Kerkar, Arumugam Ramasamy, et al. 2011. "Comparison of 5 Methods of QT Interval Measurements on Electrocardiograms from a Thorough QT/QTc Study: Effect on Assay Sensitivity and Categorical Outliers." *Journal of Electrocardiology* 44 (2). Elsevier Inc.: 96–104. doi:10.1016/j.jelectrocard.2010.11.010.
- Storad, Conrad J. 2006. "El Aparato Circulatorio," 28–38. [https://books.google.com.co/books?id=L37p5GK-svMC&dq=vasos+sanguineos&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.co/books?id=L37p5GK-svMC&dq=vasos+sanguineos&hl=es&source=gbs_navlinks_s).
- Tobergte, David R., and Shirley Curtis. 2013. *Applied Statistics Using SSPS, Statistica, Matlab and R. Journal of Chemical Information and Modeling*. Vol. 53. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.
- Tyl, Benoît, Sara Azzam, Nathalie Blanco, and William Wheeler. 2011. "Improvement and Limitation of the Reliability of Automated QT Measurement by Recent Algorithms." *Journal of Electrocardiology* 44 (3). Elsevier Inc.: 320–25. doi:10.1016/j.jelectrocard.2010.11.006.
- Vale, Anna M, and Diego Redolar Ripoll. 2008. "Anatomia Del Sistema Nervios," 56–81.

## Anexo A: PROYECTO EVA

### A1. Cartel de captación

#### Vols una evaluació completa del teu ritme cardíac?

La Unitat d'Arítmies de l'Hospital Clínic i el Centre de Recerca en Enginyeria Biomèdica (UPC) estem fent un estudi aprovat pel Comitè d'Ètica de l'Hospital Clínic que intenta relacionar determinats paràmetres de l'electrocardiograma amb l'alçada. Aquesta relació podria tenir implicacions en l'aparició de certes arítmies.

#### NECESSITEM LA TEVA AJUDA!

##### *Què necessitem?*

- **Homes i dones.**
- Entre **20 i 30 anys.**
- Sense cap malaltia important.

##### *Què farem?*

- Un breu qüestionari de salut general.
- Et posarem una gravadora **Holter** (dispositiu que registra un electrocardiograma durant 24 hores seguides). És totalment **INDOLOR** i permet fer **VIDA NORMAL**.

##### *Què oferim?*

- Un **informe del teu registre**, incloent l'estudi de **variabilitat de la freqüència cardíaca**, un paràmetre que es relaciona amb l'estat de forma.
- Participar en un projecte de recerca per a conèixer millor les arítmies.

Si vols rebre més informació, posa't en contacte amb nosaltres:

- RAQUEL NÚÑEZ al tel. **934535413** o 682 747 826.
- Al correu: [rnunez@clinic.ub.es](mailto:rnunez@clinic.ub.es) / [eguasch@clinic.ub.es](mailto:eguasch@clinic.ub.es)
- O bé directament a la Unitat d'Arítmies (escala 5, pis 6 de l'hospital).

## A2. Protocolo de consentimiento

### CONSENTIMENT INFORMAT

Evaluació de l'**E**quilibri simpàtic-**V**agal en relació a l'**A**lçada en la població general (Projecte **EVA**):

Estem realitzant un estudi a la Unitat d'Àritmies de l'Hospital Clinic de Barcelona en col·laboració amb la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) que pretén avaluar si existeix una relació entre l'altura i el to parasimpàtic. Per a dur-lo a terme, precisem de la seva participació.

En aquest estudi intentarem mesurar l'equilibri que s'estableix entre el to simpàtic i parasimpàtic. El nostre cos està permanentment regulat per dues grans branques nervioses. D'una banda, el sistema simpàtic "accelera" l'organisme. És el responsable de regular el seu ritme cardíac i la respiració quan practica exercici, també estimula el fetge i les glàndules suprarenals per a tenir disponible suficient adrenalina i glucosa en el cas de necessitar-la, per exemple per a córrer, defensar-se en una situació de perill, etc. D'altra banda, existeix el vagus o parasimpàtic, que fa tot el contrari. "Frena", regula, modera i desaccelera per a que l'organisme torni al seu ritme normal. Tant l'increment del to simpàtic com el to parasimpàtic poden facilitar l'aparició de l'arítmia cardíaca més freqüent, la fibril·lació auricular.

El motiu d'estudiar l'equilibri simpàtic/parasimpàtic en aquest estudi és entendre els mecanismes que desencadenen la fibril·lació auricular en determinades ocasions i persones. Estudis recents relacionen a l'altura amb el risc de patir fibril·lació auricular, però es desconeix el per què d'aquesta relació. Resultats preliminars del nostre grup en pacients amb fibril·lació auricular i en persones sanes incloses en els registres GIRAFA i FUTURE suggereixen una relació inversa entre l'altura i freqüència cardíaca, suggerint que les persones altes tenen probablement una hipertonia vagal fisiològica (increment de l'activitat del sistema parasimpàtic). Si aquestes troballes es confirmessin, explicarien el perquè del major risc de fibril·lació auricular en persones altes.

Per a confirmar o rebutjar aquesta hipòtesi, hem dissenyat un estudi en persones sanes, sense cap arítmia. En base a les nostres troballes prèvies, pensem que la relació entre altura i hipertonia vagal ocorre tant en pacients amb fibril·lació auricular com en individus sans. Per aquest motiu, hem decidit estudiar a persones sense arítmia, de la que vostè forma part i motiu pel que li demanem la seva col·laboració.

#### Objectius de l'estudi:

Aquest estudi pretén avaluar si existeix una relació entre l'altura i l'activitat parasimpàtica. Aquesta relació justificaria que les persones més altes tinguessin un risc incrementat de patir fibril·lació auricular.

#### ¿Què necessitem?

Voluntaris sans (sense cap malaltia cardíaca, hipertensió arterial, colesterol o diabetis), d'edats compreses entre els 20 i 30 anys d'edat, d'ambdós sexes. El nostre estudi consisteix en l'obtenció d'un registre electrocardiogràfic (Holter), així com una entrevista clínica completa que inclou un qüestionari sobre la pràctica d'activitat física. Si accepta participar, haurà de dur un Holter durant 24 hores consecutives. Per a això se li enganxaran al pit 10 elèctrodes (petits pegats conductors) que es connectaran a un petit monitor de registre. Es registrarà un electrocardiograma complet durant 24 hores. Haurà de carregar el monitor Holter en una butxaca o una bossa petita que pot portar penjant del coll o a la cintura. Si vol banyar-se o dutxar-se, caldrà que ho faci abans o després de començar l'examen, ja que no podrà fer-ho mentre estigui usant el monitor Holter. Un cop finalitzat el període de registre, haurà de tornar a l'hospital per a que li siguin retirats els elèctrodes i la informació sigui emmagatzemada.



### **Comunicació dels resultats. Confidencialitat.**

Se li entregarà un informe amb els resultats del Holter que se li remetrà al domicili. Cal que sàpiga que els seus resultats són confidencials. A cada registre ECG-Holter se li assignarà un codi. Només els investigadors principals de l'estudi, així com el Comitè Ètic de l'hospital podran sol·licitar el seu codi per a comprovar l'adequat funcionament de l'estudi.

### **Beneficis.**

Por la seva participació en aquest estudi no rebrà compensació econòmica, per es beneficiarà d'una avaluació del seu ritme cardíac durant 24 hores. D'altra banda, gràcies a la seva participació, estrà col·laborant a que avancem en el coneixement d'aquesta malaltia, fet que podria aportar beneficis futurs als pacients que la pateixen.

## CONSENTIMENT INFORMAT PROJECTE EVA

Jo, \_\_\_\_\_  
(nom i cognoms)

- He parlat amb \_\_\_\_\_
- He rebut suficient informació sobre el motiu pel qual se sol·licita la meva participació.
- He pogut fer preguntes sobre l'estudi.
- Entenc que la meva participació és voluntària.
- Entenc que puc retirar-me de l'estudi:
  - 1º) Quan vulgui.
  - 2º) Sense haver de donar explicacions.
- I he expressat estar d'acord en participar.

**DATA**

**FIRMA DEL PARTICIPANT**

**DATA**

**FIRMA DE L'INVESTIGADOR**

### A3. Criterios de exclusión

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	
PROYECTO EVA	
<b>ID_EVA:</b>	
<b><u>DESCARTAR LA EXISTENCIA DE CRITERIOS DE EXCLUSIÓN</u></b>	
- Cardiopatía estructural.	<input type="checkbox"/> <b>Sí</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>
- Hipertensión.	<input type="checkbox"/> <b>Sí</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>
- Dislipemia.	<input type="checkbox"/> <b>Sí</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>
- Diabetes.	<input type="checkbox"/> <b>Sí</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>
- Otras comorbilidades significativas:	<input type="checkbox"/> <b>Sí</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>
- Asma/bronquitis crónica.	
- Insuficiencia renal.	
- Neoplasia.	
- Gastritis que necesita de terapia crónica (IBP, antagonistas de la histamina como ranitidina).	
- Otra comorbilidad? _____	<input type="checkbox"/> <b>Sí</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>
<i>(Comentar con Laura Cipolleta, Eduard Guasch o Lluís Mont para valorar exclusión)</i>	
- Consumo reciente (<48 horas) de sustancias tóxicas (excl. tabaco)	<input type="checkbox"/> <b>Sí</b> <input type="checkbox"/> <b>No</b>
---» Reprogramar Holter	← _____

## A4. Recogida de datos

<b>RECOGIDA DE DATOS PROYECTO EVA</b>			
<b>DATOS PREVIOS</b>		Fecha inclusión: / /	
ID_EVA:	Nombre:	Sexo:	
Edad:			
<b>EXPLORACIÓN FÍSICA</b>			
Talla: _____ cm	Peso: _____ Kg	Cintura: _____ cm	
Cadera: _____ cm      Presión Arterial: _____ / _____ mmHg			
<b>CONSUMO DE SUSTANCIAS TÓXICAS</b>			
Número cafés/día .....			
Fumador:	( ) SI	( ) NO	Cantidad:
.....			
Consumo de alcohol:	( ) SI	( ) NO	Cantidad:
.....			
Consumo de otras sustancias estimulantes:	( ) SI	( ) NO	
<b>DATOS HOLTER</b>			
Hora inicio .....		Hora final .....	
Hora de acostarse.....		Hora	de
levantarse.....			
Ejercicio ( ) SI ( ) NO	Hora: .....	Tipo: .....	
Desayuno.....	Comida.....	Cena.....	

## A5. Cuestionario de actividad física

### CUESTIONARIO DE ACTIVIDAD FÍSICA PROYECTO EVA

**ID\_EVA:**

#### 1. Actividad Física Laboral

**Intensidad:**

- 1) estaba casi todo el tiempo sentado
- 2) Su trabajo requería poco esfuerzo físico, estaba mucho tiempo sentado o caminaba pero sin sudar y sin notar que su pulso ( frecuencia cardíaca) se acelerara.
- 3) Su trabajo requería un esfuerzo físico moderado: tenía que caminar continuamente, o cargar con pesos ( 2-5 kg) y sudaba poco.
- 4) Su trabajo requería un esfuerzo físico importante: cargaba pesos (>5 kg), caminaba deprisa, tenía que subir y bajar escaleras. Este trabajo le hacía sudar mucho y notaba que las pulsaciones se le aceleraban mucho.

#### 2. Actividad física en actividades del hogar

**Intensidad:**

- 1) estaba casi todo el tiempo sentado
- 2) Su trabajo requería poco esfuerzo físico, estaba mucho tiempo sentado o caminaba pero sin sudar y sin notar que su pulso ( frecuencia cardíaca) se acelerara.
- 3) Su trabajo requería un esfuerzo físico moderado: tenía que caminar continuamente, o cargar con pesos ( 2-5 kg) y sudaba poco.
- 4) Su trabajo requería un esfuerzo físico importante: cargaba pesos (>5 kg), caminaba deprisa, tenía que subir y bajar escaleras. Este trabajo le hacía sudar mucho y notaba que las pulsaciones se le aceleraban mucho.

#### 3. Actividad física en el tiempo libre y deportiva

**\* D: Días ; S: Semanas; M:Mes; A=Año**

**Intensidad:**

- 2) Esta actividad requería poco esfuerzo físico. No sudaba y no notaba que su pulso (frecuencia cardíaca) se acelerara.
- 3) Esta actividad requería un esfuerzo físico moderado: Durante su práctica sudaba un poco y se notaba un ligero aumento de las pulsaciones.
- 4) Esta actividad requería un esfuerzo físico importante: Durante su práctica sudaba mucho y se notaba un importante aumento de las pulsaciones.

## Anexo B: Scripts y funciones MATLAB

### B1. ANALIZAR.m

```
clear all
group=[1:4 6:11 13:19 21:40 42:49 53 57 61 62 64:66 68:71 73 75 77:82 84
86 88:91 94:102 108]; %Seleccionamos los pacientes los cuales
analizaremos
Result24=zeros(length(group),20); %Creamos una matriz de ceros
Result24(:,1)=group'; %Introducimos el vector grupo dentro de la matriz
creada

for i=1:length(group)
    numP=num2str(group(i)); %Numero del paciente
    numPat= [numP '.HEA']; %Numero del paciente .HEA
    ECG(group(i))=
    ECGwrapper('recording_name',[ 'C:\Users\48020017L\Desktop\Señales\' ,
numPat]); %Ejecutamos ECGwrapper de cada señal
    ECGm=ECG(group(i)).read_signal(3600,5099); %Escogemos 1500 muestras
que pertenecen a la mañana
    signal=ECGm; %Lo nombramos señal
    N= length(signal); %Longitud de la señal
    header=ECG(group(i)).ECG_header; %Cabeza de la señal
    header.nsamp=N; %Creamos la señal
    save x.mat signal header %Guardamos la señal
    %clear all
    ECGm =
    ECGwrapper('recording_name','C:\Users\48020017L\Desktop\RR\x.mat');
    %Ejecutamos ECGWrapper con la señal guardada
    ECGm.ECGtaskHandle = 'QRS_detection'; %Detectamos las ondas QRS
    ECGm.ECGtaskHandle.detectors = { 'wavedet', 'pantom'}; %Usamos dos
métodos
    ECGm.Run; %Ejecutamos
    %Analizamos el archivo de la mañana
    load x_QRS_detection.mat; %Leemos el archivo que se nos ha guardado
    % Se extrae la señal ECG completa y se usará lead II
    s = ECGm.read_signal(1,ECGm.ECG_header.nsamp);
    % ADC gain
    gain = ECGm.ECG_header.gain(1);
    %Escalamos en mV
    s = s/gain;
    N=length(s);
    t=(1:N)';
    %Escogemos el lead II
    sf=s(:,2);

    %Leemos la amplitud máxima del lead II
    m=max(s(:,2));
    % QRS detectados por wavelets (Martinez, IEEE TBM, 2004)
    tw = wavedet_MARSexportv2.time;
    % QRS detectados por Pan-Tompkins (Pan-Tompkins, IEEE TBE, 1985)
    tp = pantom_MARSexportv2.time;
```

```
% ECG delination con wavelets (Martinez, IEEE TBM, 2004)
ECGm.ECGtaskHandle = 'ECG_delineation';
ECGm.Run;
load('x_ECG_delineation.mat');
% Buscamos los resultados de QRson y Toff en lead II
L2QRson = wavedet.MARSexportv2.QRson;
L2Toff = wavedet.MARSexportv2.Toff;

% Los valores NaN(not a number) los cambiamos por un promedio del anterior
% y
% del siguiente. Si estos tambien son un NaN, miramos el anterior o el
% siguiente y le restamos o le sumamos 100.

ind=find(isnan(L2Toff)); %Buscamos los valores NaN
x=length(ind); %Lognitud vector valores NaN.
y=length(L2Toff); %Longitud L2Toff.
pp=1;
%Iniciamos el bucle.
while pp<(x+1)
    if ind(pp)==1
        L2Toff(ind(pp))=(L2Toff(ind(pp)+1))-100;
    elseif ind(pp)==y
        L2Toff(ind(pp))=(L2Toff(ind(pp)-1)+100);

    else
        if isnan(L2Toff(ind(pp)+1))

            L2Toff(ind(pp))=(L2Toff((ind(pp))-1)+100);
        else
            L2Toff(ind(pp))=(L2Toff((ind(pp))-1)+L2Toff((ind(pp)+1)))/2;
        end
    end
    pp=pp+1;
end

Nb=length(L2QRson); %Numero de beats detectados
mi =min(s(:,2)); % amplitud mínima de lead II
pp=[m*ones(1,Nb);mi*ones(1,Nb)]; %Para plotear rectas verticales entre mi
% y m
Q = [L2QRson;L2QRson];%Detectamos onda Q
T = [L2Toff;L2Toff]; %Detectamos onda T.
fs = ECGm.ECG_header.freq; %Frecuencia de muestreo

%% Cálculo de RR, QT, QTc
R2=wavedet.MARSexportv2.R; % Primera onda R no detectada (NaN),

fs = ECGm.ECG_header.freq; %Frecuencia de muestreo
RR = diff(tp');
RRm = RR/fs; % RR en segundos
RRmeanm = mean(RRm); %Media RR.
QTm = L2Toff - L2QRson;
QTm(end) = []; % el último valor de L2Toff no se calculó (NaN) y se
% elimina
QTm = QTm/fs; % QT en segundos
QTmeanm = mean(QTm); %Media
```

```

QTMejmeanm = QTmeanm/RRmeanm^(1/2); % Calculado de las media de QT y RR
filename1 = ['RRm', numP];
filename2 = ['QTm', numP];
filename3 = ['QTMejm', numP];
filenamei=['i'];
save(filename1, 'RRmeanm');
save(filename2, 'QTmeanm');
save(filename3, 'QTMejmeanm');
save (filenamei, 'i');
clearvars
delete x.mat x_ECG_delineation.mat x_QRS_detection.mat
load 'i.mat'
group=[1:4 6:11 13:19 21:40 42:49 53 57 61 62 64:66 68:71 73 75 77:82 84
86 88:91 94:102 108];
Result24=zeros(length(group),20);
Result24(:,1)=group';

end
clear all
group=[1:4 6:11 13:19 21:40 42:49 53 57 61 62 64:66 68:71 73 75 77:82 84
86 88:91 94:102 108];
Result24=zeros(length(group),20);
Result24(:,1)=group';

for i=1:length(group)

    numP=num2str(group(i));
    numPat= [numP '.HEA'];
    %Analizamos el archivo de la noche
    ECG(group(i))=
ECGwrapper('recording_name', ['C:\Users\48020017L\Desktop\Señales\' ,
numPat]);
    ECGn = ECG(group(i)).read_signal(43200,44699);
    signal=ECGn;
    N= length(signal);
    header=ECG(group(i)).ECG_header;
    header.nsamp=N;
    save xn.mat signal header
    ECGn =
ECGwrapper('recording_name', 'C:\Users\48020017L\Desktop\RR\xn.mat');
    ECGn.ECGtaskHandle = 'QRS_detection';
    ECGn.ECGtaskHandle.detectors = { 'wavedet', 'pantom'};
    ECGn.Run;

    load xn_QRS_detection.mat;
    % Se extrae la señal ECG completa y se usará lead II, s(:,2)
    s = ECGn.read_signal(1,ECGn.ECG_header.nsamp);
    % ADC gain
    gain = ECGn.ECG_header.gain(1);
    %Escalamos en mV
    s = s/gain;
    N=length(s);
    t=(1:N)';
    %Leemos la amplitud máxima del lead II

```



```

m=max(s(:,2));
% QRS detectados por wavelets (Martinez, IEEE TBM, 2004)
tw = wavedet_MARSexportv2.time;
% QRS detectados por Pan-Tompkins (Pan-Tompkins, IEEE TBE, 1985)
tp = pantom_MARSexportv2.time;
plot(t,s(:,2),tw,m,'ro',tp,m,'k*'); %Representamos el máximo de la onda
QRS.

%% ECG delination con wavelets (Martinez, IEEE TBM, 2004)
ECGn.ECGtaskHandle = 'ECG_delineation';
ECGn.Run;
load('xn_ECG_delineation.mat');
% Buscamos los resultados de QRSon y Toff en lead II
L2QRSon = wavedet.MARSexportv2.QRSon;
L2Toff = wavedet.MARSexportv2.Toff;

%Los valores NaN(not a number) los cambiamos por un promedio del anterior
y
%del siguiente. Si estos tambien son un NaN, miramos el anterior o el
%siguiente y le restamos o le sumamos 100.

ind=find(isnan(L2Toff)); %Buscamos los valores NaN
x=length(ind); %Lognitud vector valores NaN.
y=length(L2Toff); %Longitud L2Toff.
pp=1;
%Iniciamos el bucle.
while pp<(x+1)
    if ind(pp)==1
        L2Toff(ind(pp))=(L2Toff(ind(pp)+1)-100);
    elseif ind(pp)==y
        L2Toff(ind(pp))=(L2Toff(ind(pp)-1)+100);

    else
        if isnan(L2Toff(ind(pp)+1))

            L2Toff(ind(pp))=(L2Toff((ind(pp))-1)+100);

        else
            L2Toff(ind(pp))=(L2Toff((ind(pp))-1)+L2Toff((ind(pp)+1)))/2;
        end
    end
    pp=pp+1;
end

Nb=length(L2QRSon); %Numero de beats detectados
mi =min(s(:,2)); % amplitud mínima de lead II
pp=[m*ones(1,Nb);mi*ones(1,Nb)]; %Para plotear rectas verticales entre mi
y m
Q = [L2QRSon;L2QRSon];%Detectamos onda Q
T = [L2Toff;L2Toff]; %Detectamos onda T.

%% Cálculo de RR, QT, QTc
R2=wavedet.MARSexportv2.R; % Primera onda R no detectada (NaN),

fs = ECGn.ECG_header.freq; %Frecuencia de muestreo
RR = diff(tp');
RRn = RR/fs; % RR en segundos

```

```

RRmeann = mean(RRn); %Media RR.
QTn = L2Toff - L2QRSon;
QTn(end) = []; % el último valor de L2Toff no se calculó (NaN) y se
elimina
QTn = QTn/fs; % QT en segundos
QTmeann = mean(QTn);
QTMejmeann = QTmeann/RRmeann^(1/2); % Calculado de las media de QT y RR
filename1n = ['RRn',numP];
filename2n= ['QTn',numP];
filename3n = ['QTMejn',numP];
filenamein=['i'];
save(filename1n,'RRmeann');
save(filename2n,'QTmeann');
save(filename3n,'QTMejmeann');
save (filenamein, 'i');
clearvars
delete xn.mat xn_ECG_delineation.mat xn_QRS_detection.mat
group=[1:4 6:11 13:19 21:40 42:49 53 57 61 62 64:66 68:71 73 75 77:82 84
86 88:91 94:102 108];
Result24=zeros(length(group),20);
Result24(:,1)=group';
load('i.mat')
end

```

## B2. guardarresultados.m

```
clearvars
group=[1:4 6:11 13:19 21:40 42:49 53 57 61 62 64:66 68:71 73 75 77:82 84
86 88:91 94:102 108]; %Definimos el vector de pacientes que vamos a
analizar
Result24=zeros(length(group),20);
Result24(:,1)=group';
for i=1:length(group)
numP=num2str(group(i));
load(['RRm',num2str(numP),'.mat']);%leemos la matriz guardada en
ANALIZAR.m
load(['QTm',num2str(numP),'.mat']);
load(['QTMejm',num2str(numP),'.mat']);
load(['RRn',num2str(numP),'.mat']);
load(['QTn',num2str(numP),'.mat']);
load(['QTMejn',num2str(numP),'.mat']);
filenamei=['i'];
save(filenamei,'i');
numP=str2num(numP);
%Guardamos con el número del paciente
QTmeanmF(numP)=QTmeanm;
RRmeanmF(numP)=RRmeanm;
QTMejmF(numP)= QTMejmeanm;
QTmeannF(numP)=QTmeann;
RRmeannF(numP)=RRmeann;
QTMejnF(numP)= QTMejmeann;
%Invertimos filas por columnas
QTmeanmF=QTmeanmF';
RRmeanmF=RRmeanmF';
QTMejmF=QTMejmF';
QTmeannF=QTmeannF';
RRmeannF=RRmeannF';
QTMejnF=QTMejnF';

end
%Guardamos los resultados en un EXCELL
xlswrite('ResultadosEVA.xlsx',RRmeanmF,'1','C2')
xlswrite('ResultadosEVA.xlsx',RRmeannF,'1','D2')
xlswrite('ResultadosEVA.xlsx',QTmeanmF,'1','E2')
xlswrite('ResultadosEVA.xlsx',QTmeannF,'1','F2')
xlswrite('ResultadosEVA.xlsx',QTMejmF,'1','G2')
xlswrite('ResultadosEVA.xlsx',QTMejnF,'1','H2')
```

# Anexo C: Resultados del SPSS

## C1. Pruebas de normalidad general

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
RRMeanM	64	100,0%	0	0,0%	64	100,0%
RRMeanN	64	100,0%	0	0,0%	64	100,0%
HRM	64	100,0%	0	0,0%	64	100,0%
HRN	64	100,0%	0	0,0%	64	100,0%
QTMeanM	64	100,0%	0	0,0%	64	100,0%
QTMeanN	64	100,0%	0	0,0%	64	100,0%
QTCM	64	100,0%	0	0,0%	64	100,0%
QTCN	64	100,0%	0	0,0%	64	100,0%

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RRMeanM	,058	64	,200*	,989	64	,831
RRMeanN	,087	64	,200*	,951	64	,012
HRM	,075	64	,200*	,967	64	,085
HRN	,101	64	,172	,911	64	,000
QTMeanM	,219	64	,000	,738	64	,000
QTMeanN	,173	64	,000	,846	64	,000
QTCM	,173	64	,000	,840	64	,000
QTCN	,327	64	,000	,418	64	,000

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Descriptivos

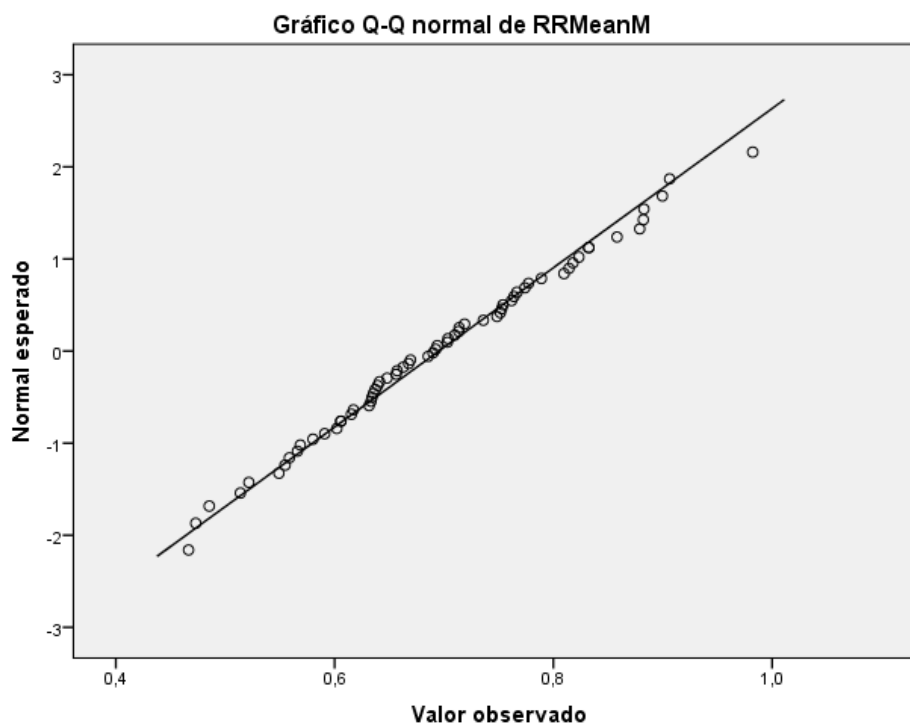
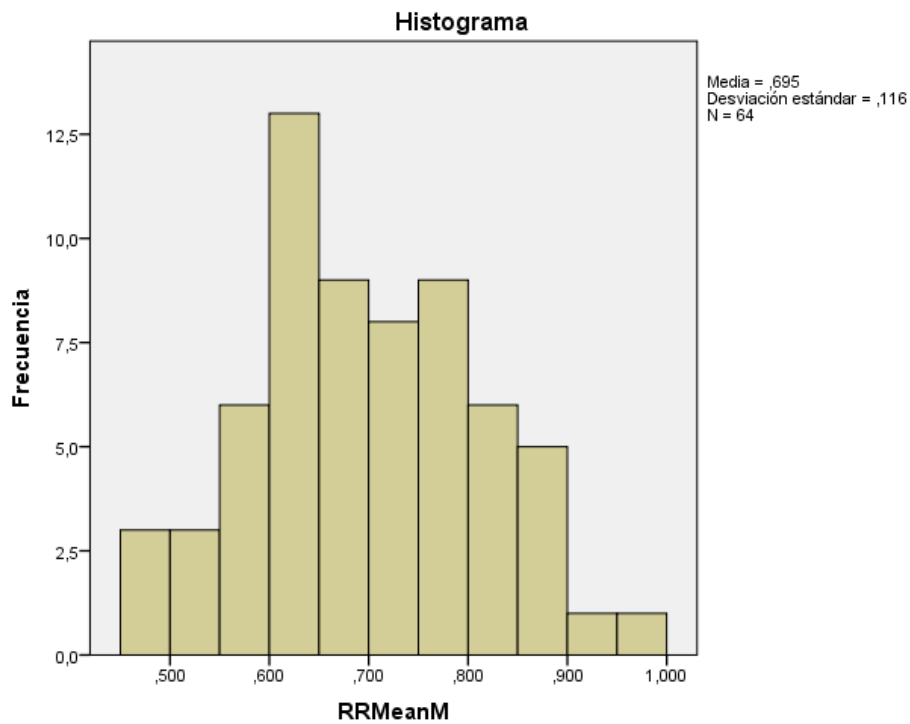
			Estadístico	Error estándar
RRMeanM	Media		,69543	,014456
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,66655	
		Límite superior	,72432	
	Media recortada al 5%		,69471	

	Mediana		,69116	
	Varianza		,013	
	Desviación estándar		,115646	
	Mínimo		,466	
	Máximo		,982	
	Rango		,516	
	Rango intercuartil		,156	
	Asimetría		,180	,299
	Curtosis		-,399	,590
RRMeanN	Media		,68635	,021377
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,64363	
		Límite superior	,72907	
	Media recortada al 5%		,67659	
	Mediana		,68750	
	Varianza		,029	
	Desviación estándar		,171019	
	Mínimo		,300	
	Máximo		1,219	
	Rango		,919	
	Rango intercuartil		,215	
	Asimetría		,834	,299
	Curtosis		1,316	,590
HRM	Media		88,7231	1,90861
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	84,9091	
		Límite superior	92,5372	
	Media recortada al 5%		87,9907	
	Mediana		86,8106	
	Varianza		233,139	
	Desviación estándar		15,26889	
	Mínimo		61,08	
	Máximo		128,63	
	Rango		67,54	
	Rango intercuartil		19,73	
	Asimetría		,617	,299
	Curtosis		,130	,590
HRN	Media		92,8250	3,00241
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	86,8251	
		Límite superior	98,8248	

	Media recortada al 5%		91,5875	
	Mediana		87,2743	
	Varianza		576,926	
	Desviación estándar		24,01929	
	Mínimo		49,23	
	Máximo		199,97	
	Rango		150,74	
	Rango intercuartil		29,88	
	Asimetría		1,417	,299
	Curtosis		5,149	,590
QTMeanM	Media		,37765	,008393
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,36087	
		Límite superior	,39442	
	Media recortada al 5%		,36964	
	Mediana		,36765	
	Varianza		,005	
	Desviación estándar		,067145	
	Mínimo		,283	
	Máximo		,721	
	Rango		,437	
	Rango intercuartil		,037	
	Asimetría		2,831	,299
	Curtosis		11,354	,590
QTMeanN	Media		,36272	,006005
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,35072	
		Límite superior	,37472	
	Media recortada al 5%		,35855	
	Mediana		,35616	
	Varianza		,002	
	Desviación estándar		,048041	
	Mínimo		,296	
	Máximo		,595	
	Rango		,299	
	Rango intercuartil		,046	
	Asimetría		2,080	,299
	Curtosis		7,813	,590
QTCM	Media		,44845	,009241
	95% de intervalo de	Límite inferior	,42999	

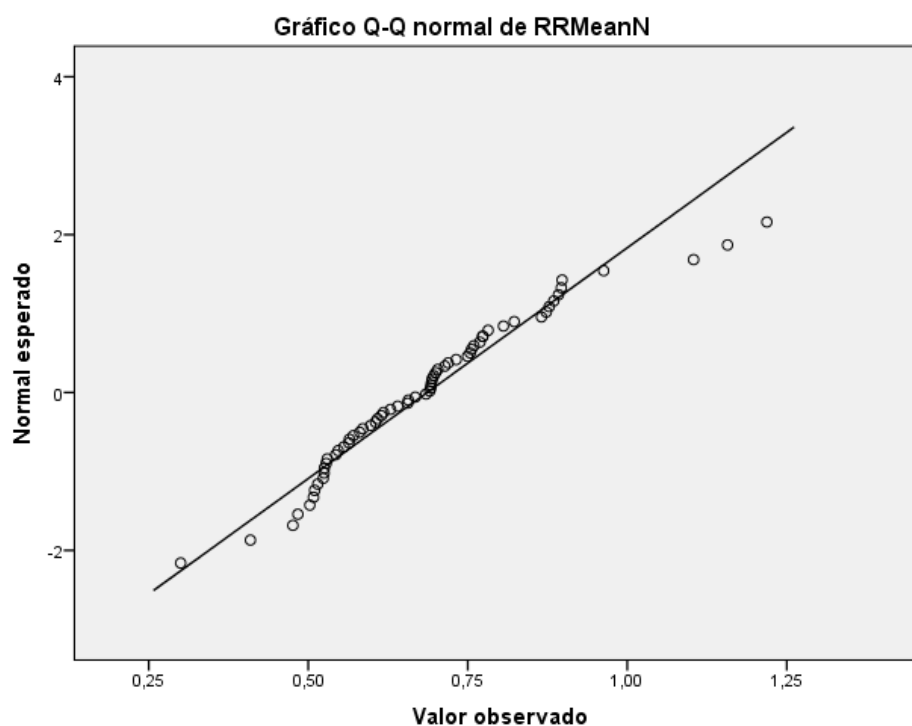
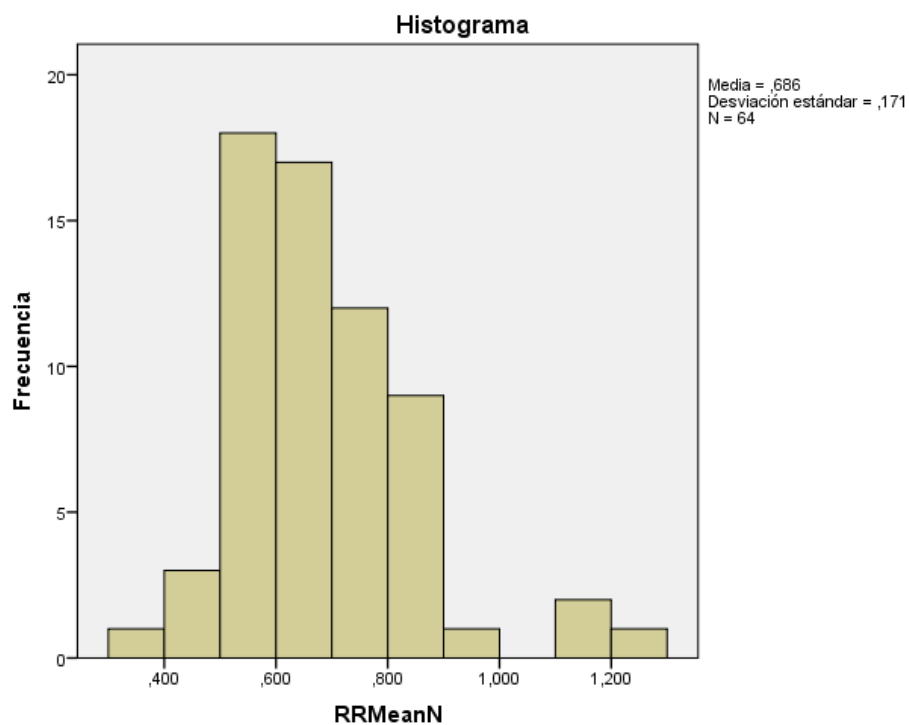
	confianza para la media	Límite superior	,46692	
	Media recortada al 5%		,44569	
	Mediana		,43009	
	Varianza		,005	
	Desviación estándar		,073926	
	Mínimo		,184	
	Máximo		,769	
	Rango		,585	
	Rango intercuartil		,063	
	Asimetría		,913	,299
	Curtosis		6,975	,590
QTCN	Media		,46737	,020921
	95% de intervalo de	Límite inferior	,42556	
	confianza para la media	Límite superior	,50917	
	Media recortada al 5%		,44383	
	Mediana		,43926	
	Varianza		,028	
	Desviación estándar		,167366	
	Mínimo		,292	
	Máximo		1,560	
	Rango		1,268	
	Rango intercuartil		,061	
	Asimetría		5,329	,299
	Curtosis		31,830	,590

## RRMeanM

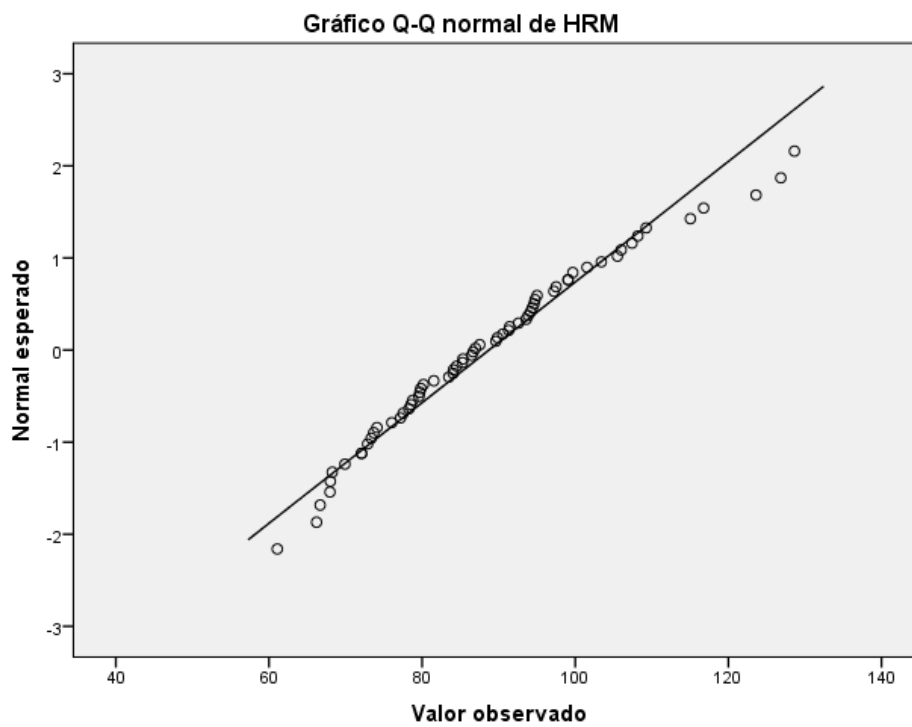
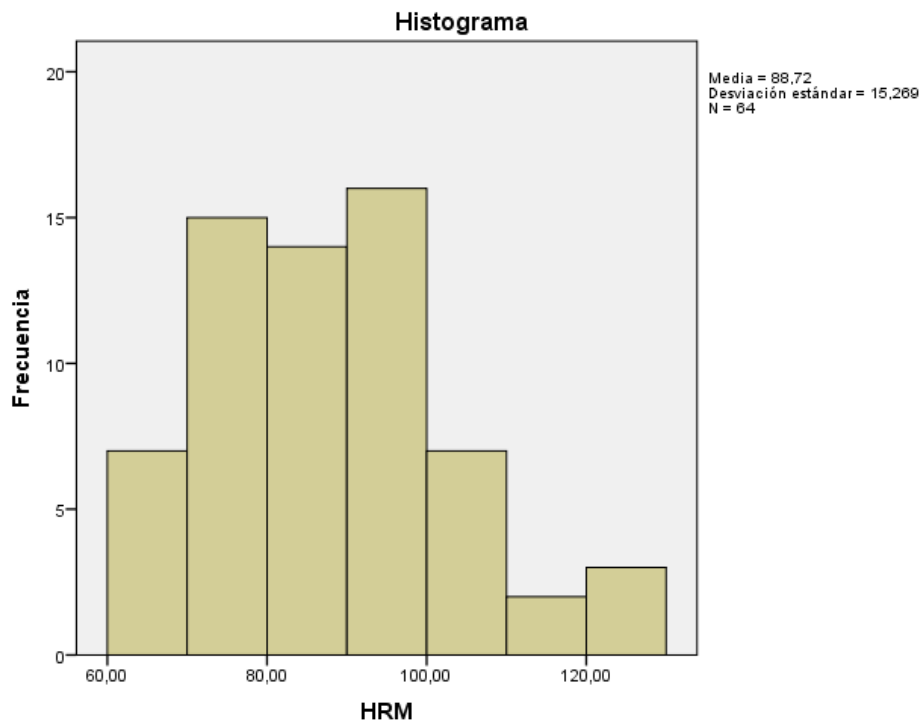




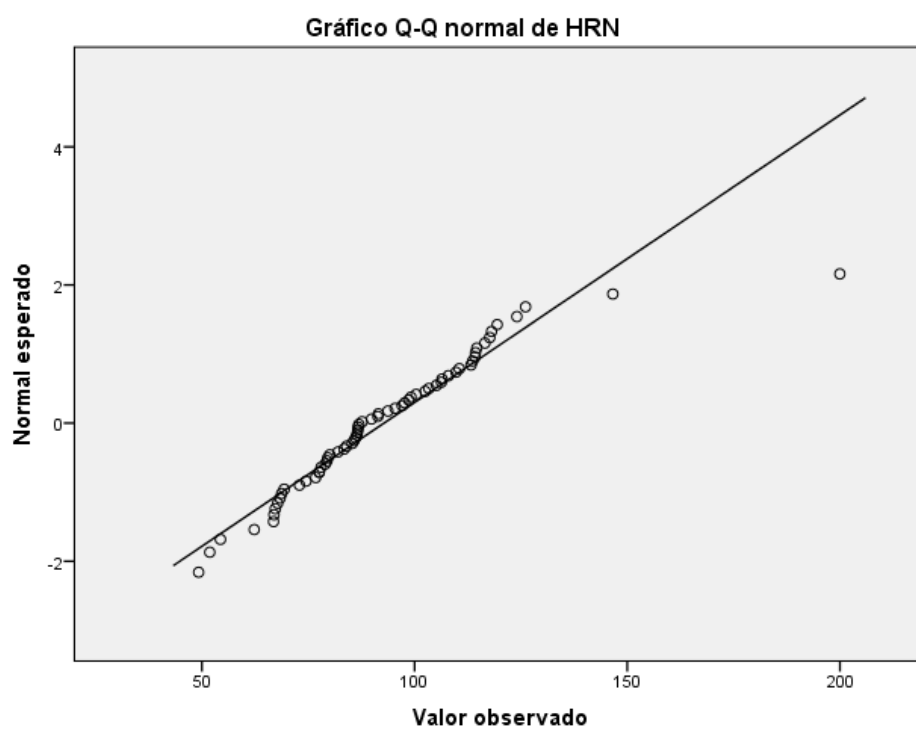
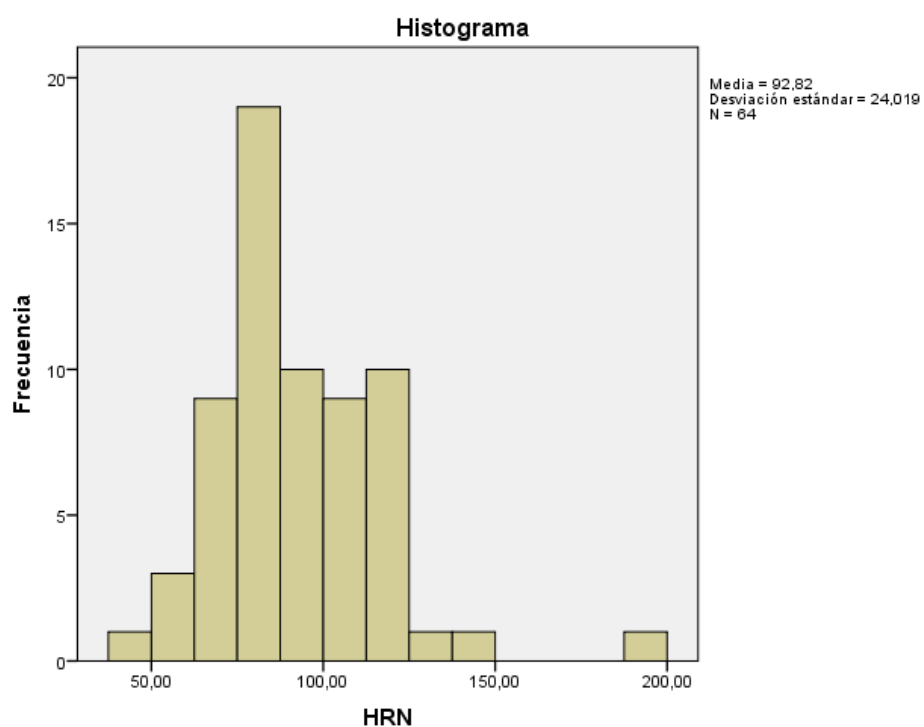
## RRMeanN



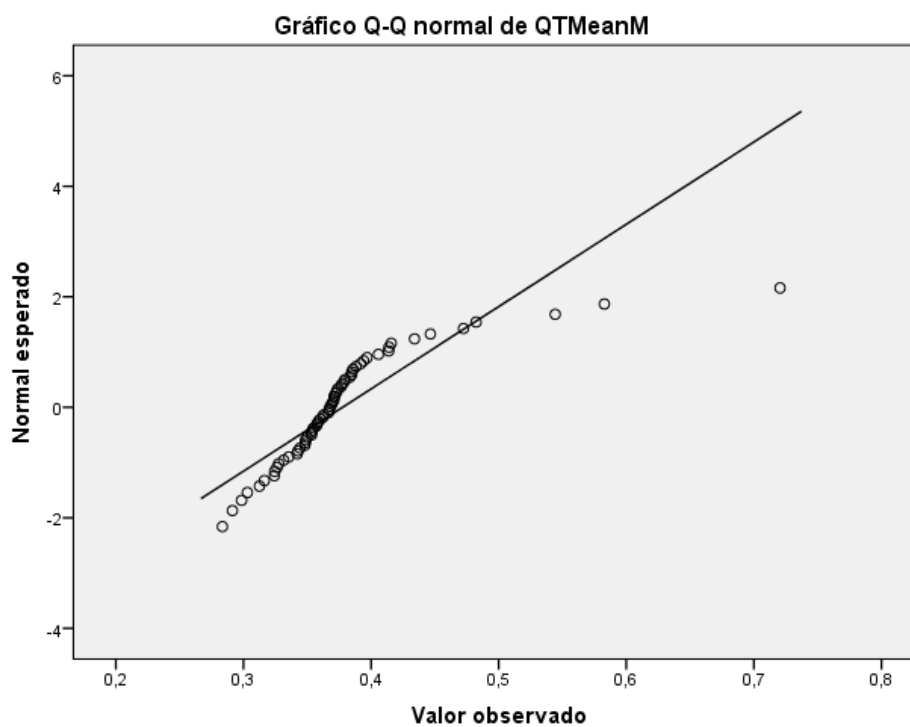
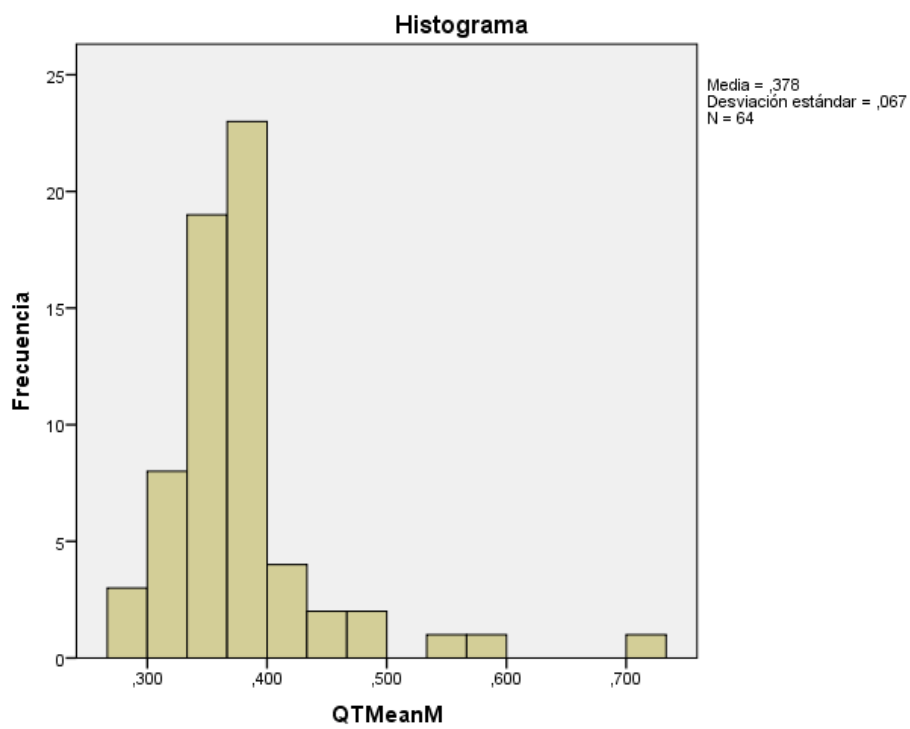
## HRM



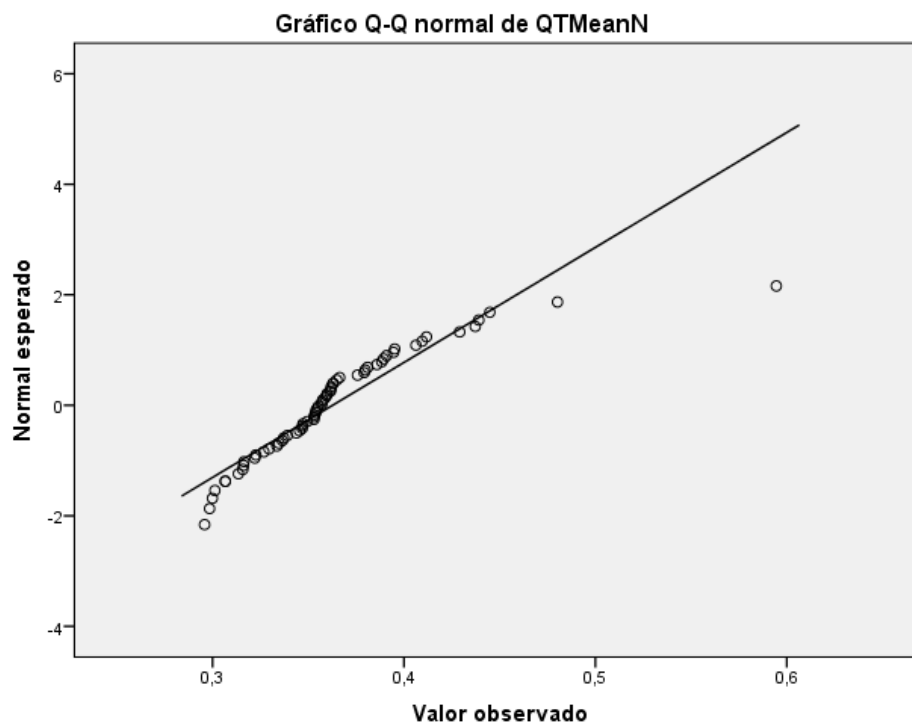
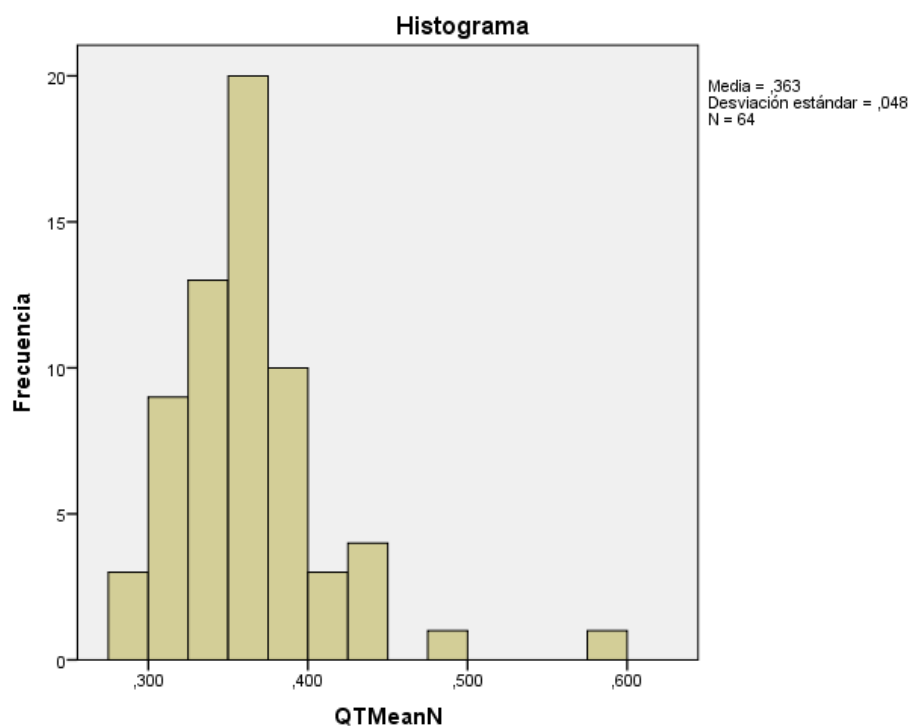
## HRN



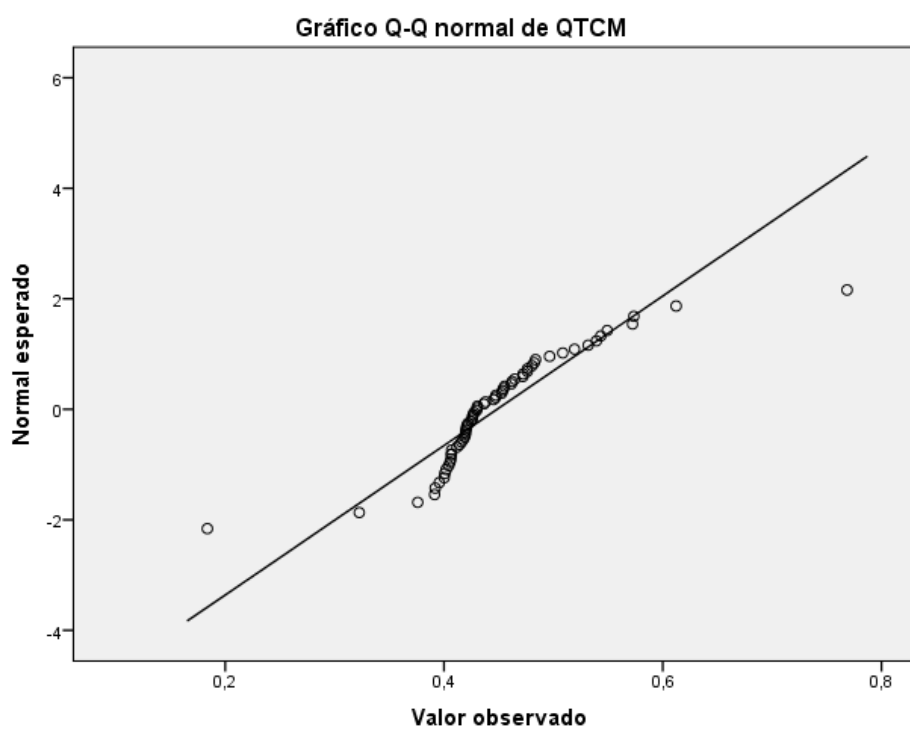
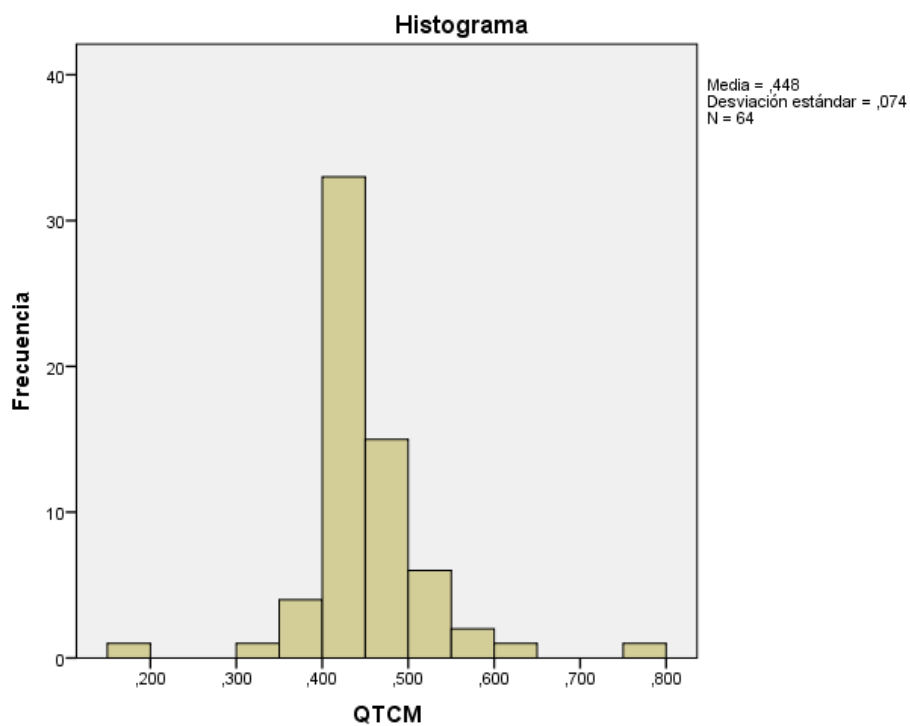
## QTMeanM



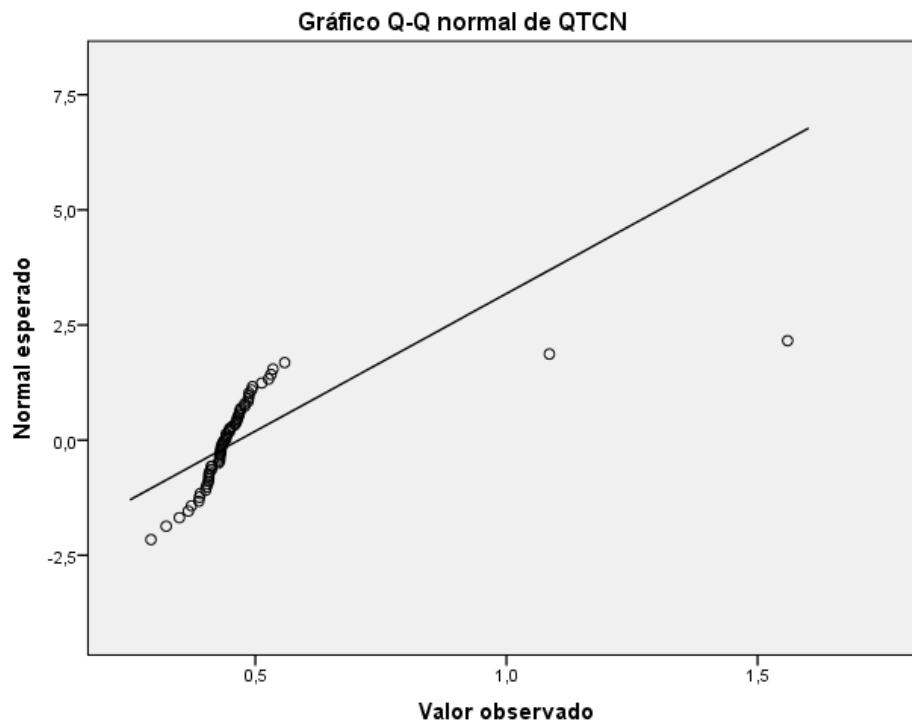
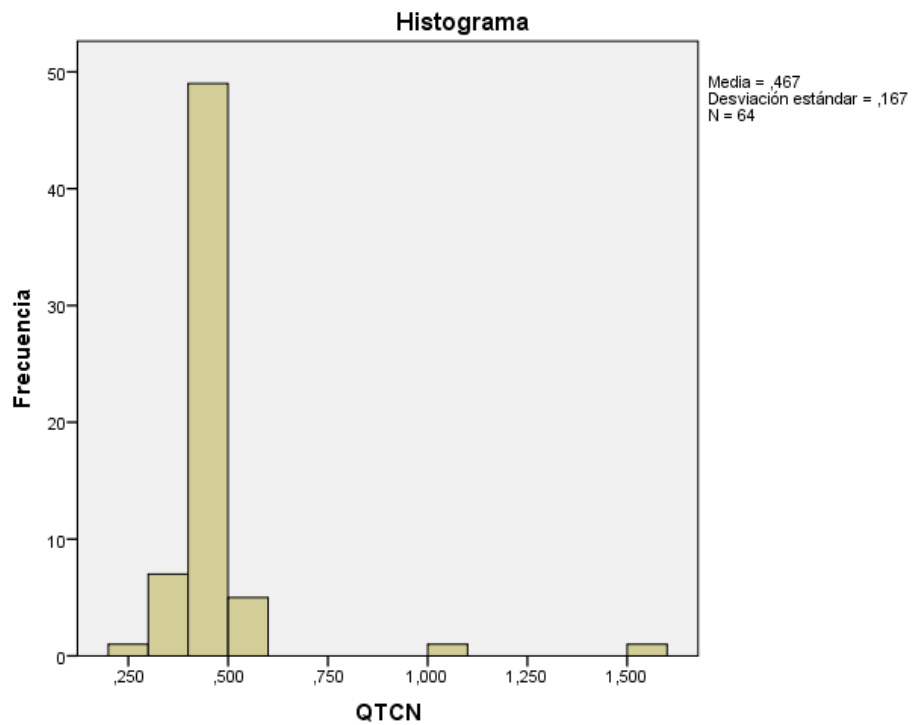
## QTMeanN



## QTCM



## QTCN



# **C1. Pruebas de normalidad diferenciado por el sexo (1=mujer, 0=hombre)**

**Resumen de procesamiento de casos**

		Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
RRMeanM	0	22	100,0%	0	0,0%	22	100,0%
	1	42	100,0%	0	0,0%	42	100,0%
RRMeanN	0	22	100,0%	0	0,0%	22	100,0%
	1	42	100,0%	0	0,0%	42	100,0%
HRM	0	22	100,0%	0	0,0%	22	100,0%
	1	42	100,0%	0	0,0%	42	100,0%
HRN	0	22	100,0%	0	0,0%	22	100,0%
	1	42	100,0%	0	0,0%	42	100,0%
QTMeanM	0	22	100,0%	0	0,0%	22	100,0%
	1	42	100,0%	0	0,0%	42	100,0%
QTMeanN	0	22	100,0%	0	0,0%	22	100,0%
	1	42	100,0%	0	0,0%	42	100,0%
QTCM	0	22	100,0%	0	0,0%	22	100,0%
	1	42	100,0%	0	0,0%	42	100,0%
QTCN	0	22	100,0%	0	0,0%	22	100,0%
	1	42	100,0%	0	0,0%	42	100,0%

**Descriptivos**

		1=Mujer, 0=Hombre	Estadístico	Error estándar
RRMeanM	0	Media	,76862	,025931
		95% de intervalo de confianza para la media		
		Límite inferior	,71469	
		Límite superior	,82255	
		Media recortada al 5%	,77342	
		Mediana	,76897	
		Varianza	,015	
		Desviación estándar	,121627	
		Mínimo	,466	
		Máximo	,982	



1		Rango		,516	
		Rango intercuartil		,185	
		Asimetría		-,605	,491
		Curtosis		,532	,953
		Media		,65710	,014304
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,62821	
			Límite superior	,68599	
		Media recortada al 5%		,65743	
		Mediana		,64453	
		Varianza		,009	
		Desviación estándar		,092702	
		Mínimo		,473	
		Máximo		,832	
		Rango		,359	
		Rango intercuartil		,116	
		Asimetría		,125	,365
		Curtosis		-,485	,717
RRMeanN	0	Media		,79481	,037834
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,71613	
			Límite superior	,87349	
		Media recortada al 5%		,78420	
		Mediana		,75169	
		Varianza		,031	
		Desviación estándar		,177456	
		Mínimo		,564	
		Máximo		1,219	
		Rango		,654	
		Rango intercuartil		,200	
		Asimetría		1,101	,491
		Curtosis		,751	,953
		Media		,62953	,021377
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,58636	
			Límite superior	,67270	
		Media recortada al 5%		,62792	
		Mediana		,60979	
		Varianza		,019	
		Desviación estándar		,138536	

		Mínimo		,300	
		Máximo		,963	
		Rango		,663	
		Rango intercuartil		,181	
		Asimetría		,344	,365
		Curtosis		,162	,717
HRM	0	Media		80,2867	3,23288
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	73,5635	
			Límite superior	87,0098	
		Media recortada al 5%		78,7564	
		Mediana		78,0295	
		Varianza		229,934	
		Desviación estándar		15,16357	
		Mínimo		61,08	
		Máximo		128,63	
		Rango		67,54	
		Rango intercuartil		18,20	
		Asimetría		1,726	,491
		Curtosis		4,006	,953
	1	Media		93,1423	2,08322
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	88,9351	
			Límite superior	97,3494	
		Media recortada al 5%		92,5274	
		Mediana		93,0936	
		Varianza		182,271	
		Desviación estándar		13,50079	
		Mínimo		72,09	
		Máximo		126,85	
		Rango		54,77	
		Rango intercuartil		16,21	
		Asimetría		,541	,365
		Curtosis		,046	,717
HRN	0	Media		78,7034	3,30640
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	71,8273	
			Límite superior	85,5794	
		Media recortada al 5%		78,8245	
		Mediana		79,8205	
		Varianza		240,511	

1	Desviación estándar		15,50841	
	Mínimo		49,23	
	Máximo		106,30	
	Rango		57,07	
	Rango intercuartil		20,25	
	Asimetría		-,219	,491
	Curtosis		-,420	,953
	Media		100,2220	3,78044
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	92,5872	
		Límite superior	107,8567	
	Media recortada al 5%		98,2573	
	Mediana		98,4006	
	Varianza		600,252	
	Desviación estándar		24,50004	
	Mínimo		62,30	
	Máximo		199,97	
	Rango		137,67	
	Rango intercuartil		29,24	
	Asimetría		1,614	,365
	Curtosis		5,541	,717
QTMeanM	0	Media	,39850	,021195
		95% de intervalo de confianza para la media	,35442	
			,44257	
	Media recortada al 5%		,38654	
	Mediana		,36719	
	Varianza		,010	
	Desviación estándar		,099414	
	Mínimo		,303	
	Máximo		,721	
	Rango		,417	
	Rango intercuartil		,057	
	Asimetría		2,146	,491
	Curtosis		4,700	,953
	1	Media	,36673	,005996
		95% de intervalo de confianza para la media	,35462	
			,37883	
	Media recortada al 5%		,36576	
	Mediana		,36904	

			Varianza			,002	
			Desviación estándar			,038860	
			Mínimo			,283	
			Máximo			,482	
			Rango			,199	
			Rango intercuartil			,036	
			Asimetría			,418	,365
			Curtosis			1,404	,717
QTMeanN	0		Media			,36121	,006569
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		,34755	
				Límite superior		,37487	
			Media recortada al 5%			,35999	
			Mediana			,35641	
			Varianza			,001	
			Desviación estándar			,030812	
			Mínimo			,301	
			Máximo			,445	
			Rango			,144	
			Rango intercuartil			,035	
			Asimetría			,758	,491
			Curtosis			1,617	,953
	1		Media			,36351	,008533
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		,34628	
				Límite superior		,38075	
			Media recortada al 5%			,35780	
			Mediana			,35616	
			Varianza			,003	
			Desviación estándar			,055301	
			Mínimo			,296	
			Máximo			,595	
			Rango			,299	
			Rango intercuartil			,057	
			Asimetría			2,036	,365
			Curtosis			6,522	,717
QTCM	0		Media			,45551	,021122
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		,41158	
				Límite superior		,49943	
			Media recortada al 5%			,44602	

1	Mediana		,41988	
	Varianza		,010	
	Desviación estándar		,099069	
	Mínimo		,323	
	Máximo		,769	
	Rango		,446	
	Rango intercuartil		,115	
	Asimetría		1,794	,491
	Curtosis		3,725	,953
	Media		,44476	,008904
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,42677	
		Límite superior	,46274	
	Media recortada al 5%		,44670	
	Mediana		,44622	
	Varianza		,003	
	Desviación estándar		,057704	
	Mínimo		,184	
	Máximo		,572	
	Rango		,389	
	Rango intercuartil		,056	
	Asimetría		-1,818	,365
	Curtosis		9,897	,717
QTCN	0	Media	,41120	,010442
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,38948
			Límite superior	,43291
		Media recortada al 5%		,41359
		Mediana		,41944
		Varianza		,002
		Desviación estándar		,048979
		Mínimo		,292
		Máximo		,486
		Rango		,193
		Rango intercuartil		,061
		Asimetría		-,758
				,491
		Curtosis		,382
				,953
1		Media	,49679	,030564
		95% de intervalo de	Límite inferior	,43506

confianza para la media	Límite superior	,55851	
Media recortada al 5%		,45849	
Mediana		,44866	
Varianza		,039	
Desviación estándar		,198074	
Mínimo		,390	
Máximo		1,560	
Rango		1,169	
Rango intercuartil		,058	
Asimetría		4,600	,365
Curtosis		22,401	,717

### Pruebas de normalidad

		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RRMeanM	0	,116	22	,200 <sup>*</sup>	,966	22	,625
	1	,071	42	,200 <sup>*</sup>	,978	42	,575
RRMeanN	0	,145	22	,200 <sup>*</sup>	,897	22	,026
	1	,101	42	,200 <sup>*</sup>	,969	42	,298
HRM	0	,185	22	,049	,856	22	,004
	1	,088	42	,200 <sup>*</sup>	,966	42	,238
HRN	0	,086	22	,200 <sup>*</sup>	,975	22	,815
	1	,122	42	,125	,881	42	,000
QTMeanM	0	,290	22	,000	,735	22	,000
	1	,125	42	,095	,963	42	,187
QTMeanN	0	,160	22	,146	,952	22	,348
	1	,181	42	,001	,837	42	,000
QTCM	0	,299	22	,000	,797	22	,000
	1	,199	42	,000	,803	42	,000
QTCN	0	,120	22	,200 <sup>*</sup>	,957	22	,437
	1	,352	42	,000	,398	42	,000

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

## RRMeanM

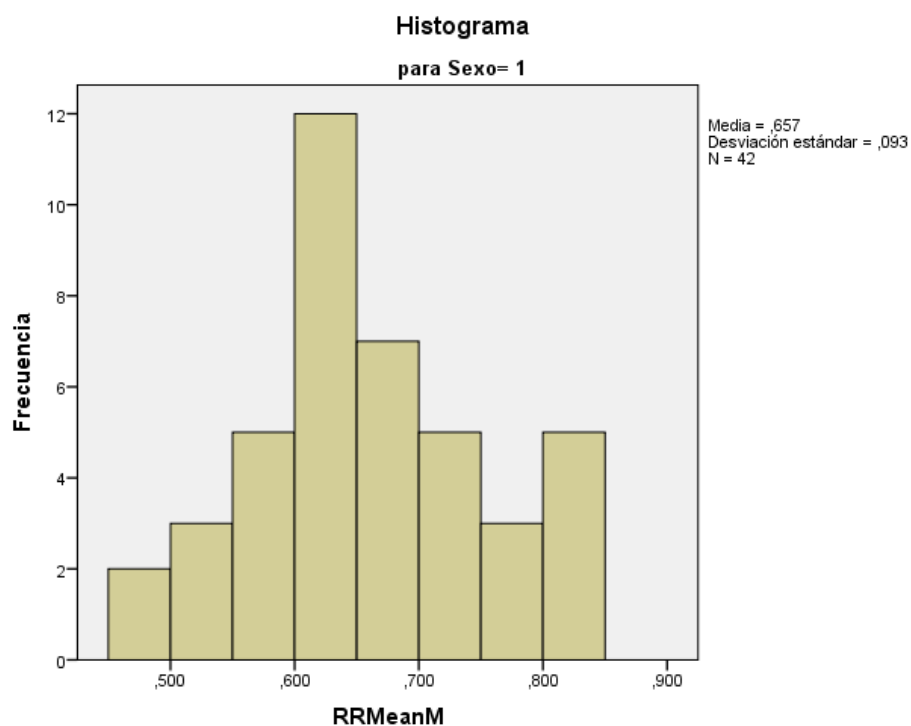
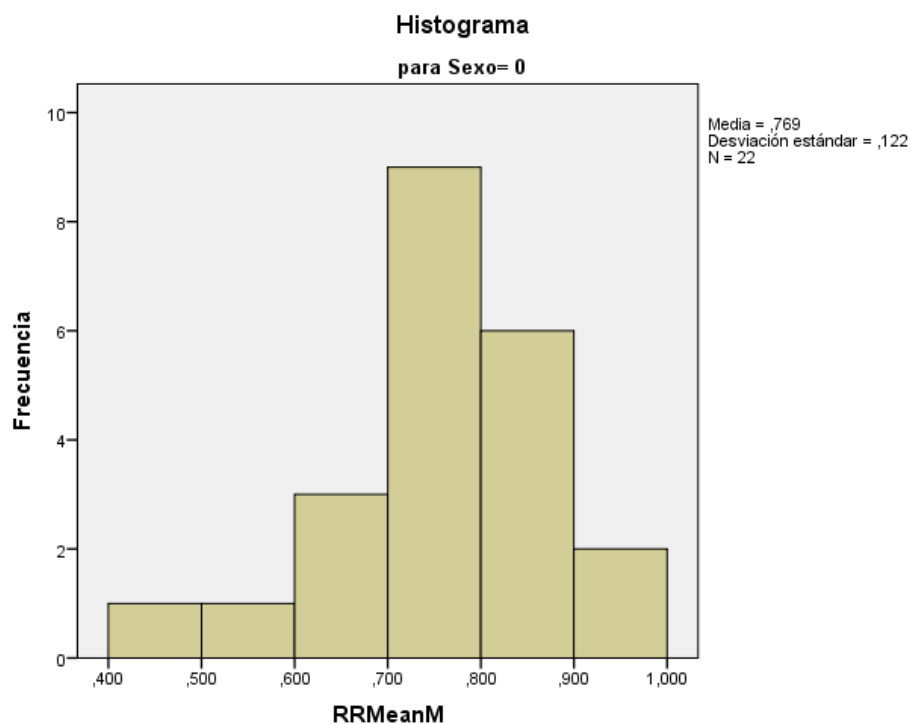


Gráfico Q-Q normal de RRMeanM

para Sexo= 0

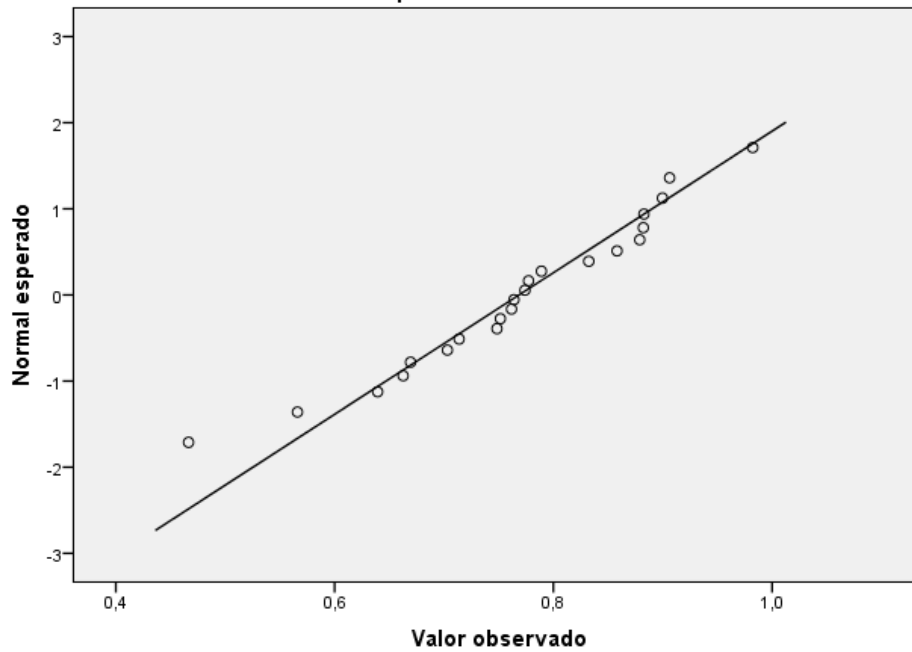
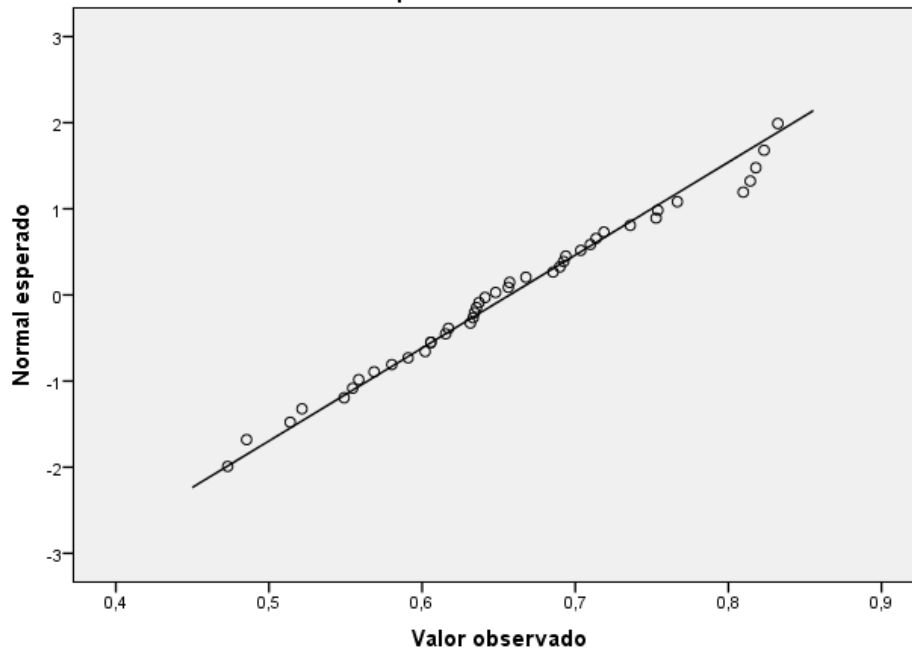


Gráfico Q-Q normal de RRMeanM

para Sexo= 1





## RRMeanN

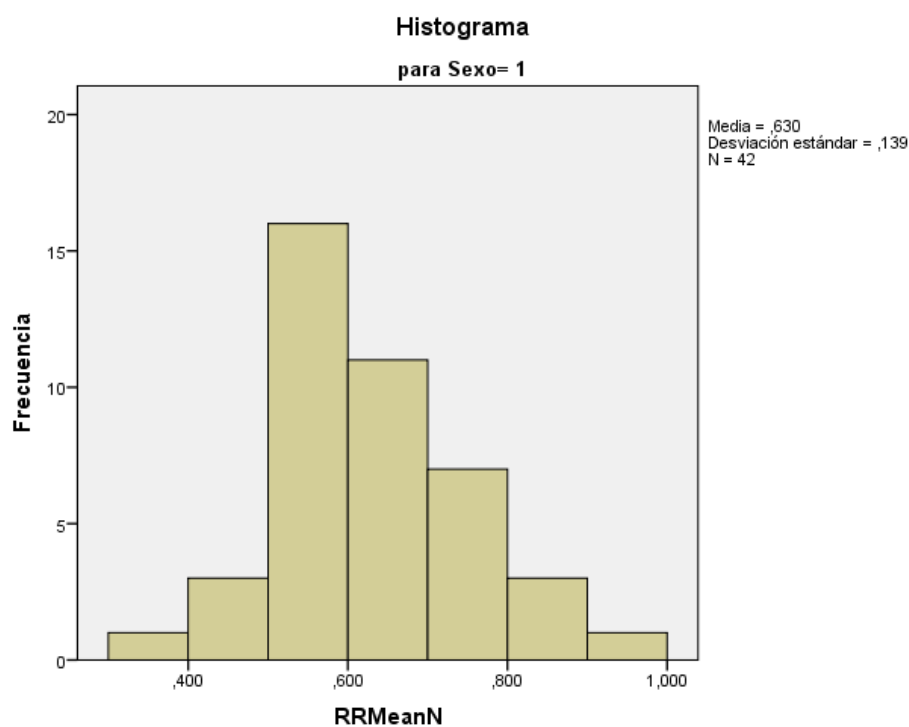
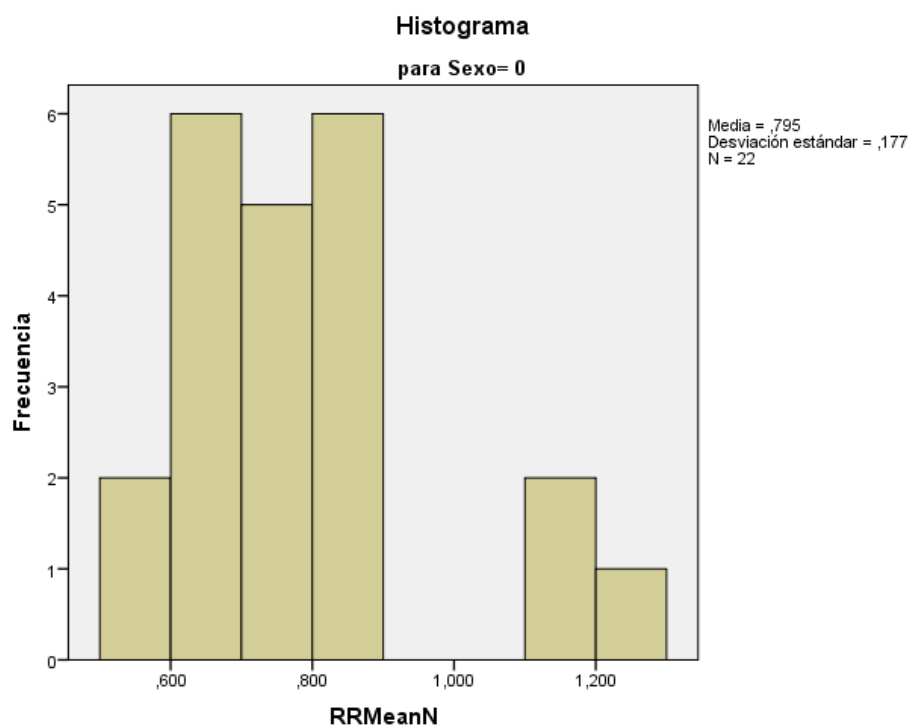


Gráfico Q-Q normal de RRMeanN

para Sexo= 0

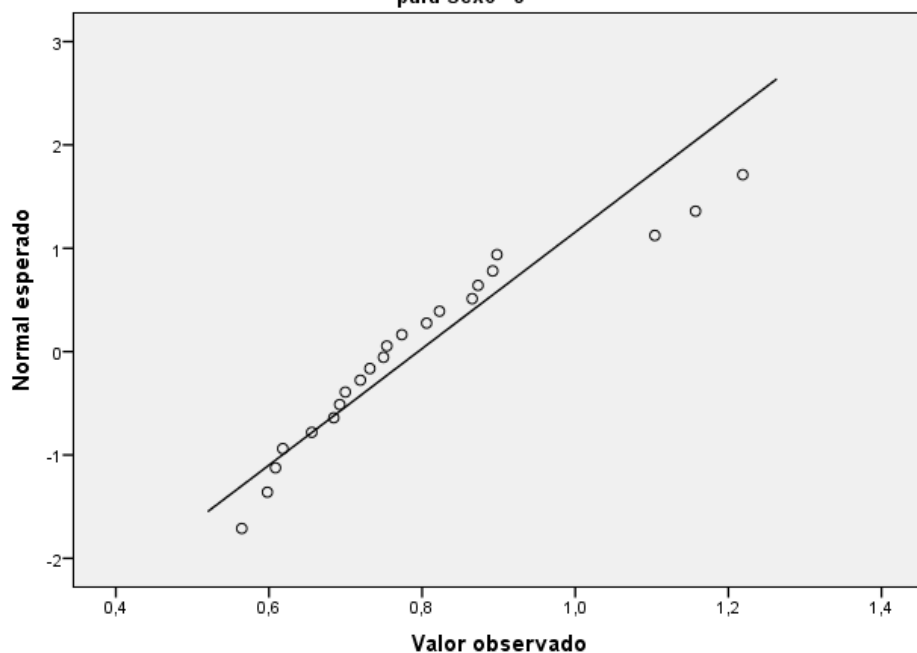
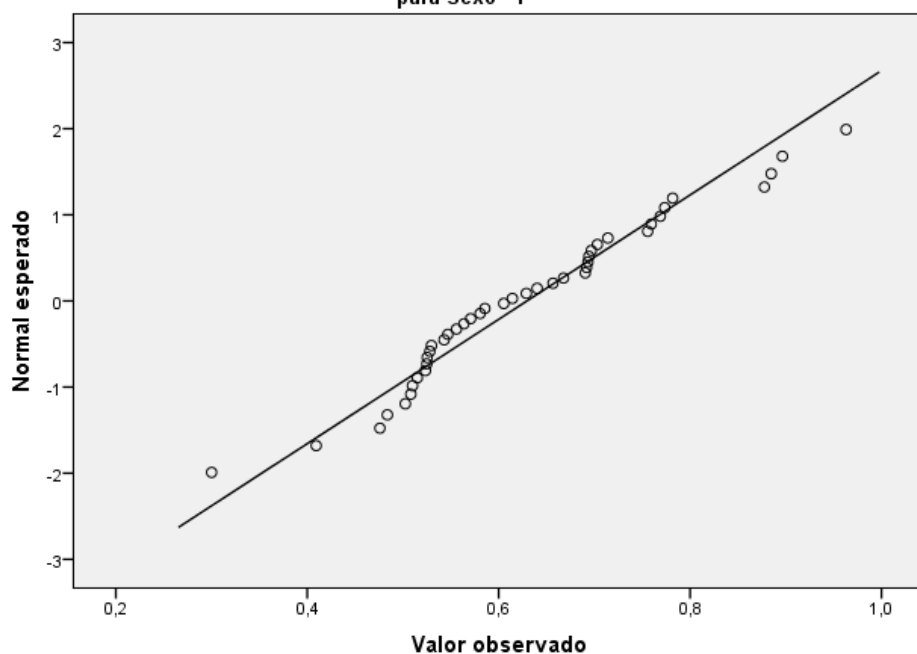


Gráfico Q-Q normal de RRMeanN

para Sexo= 1



## HRM

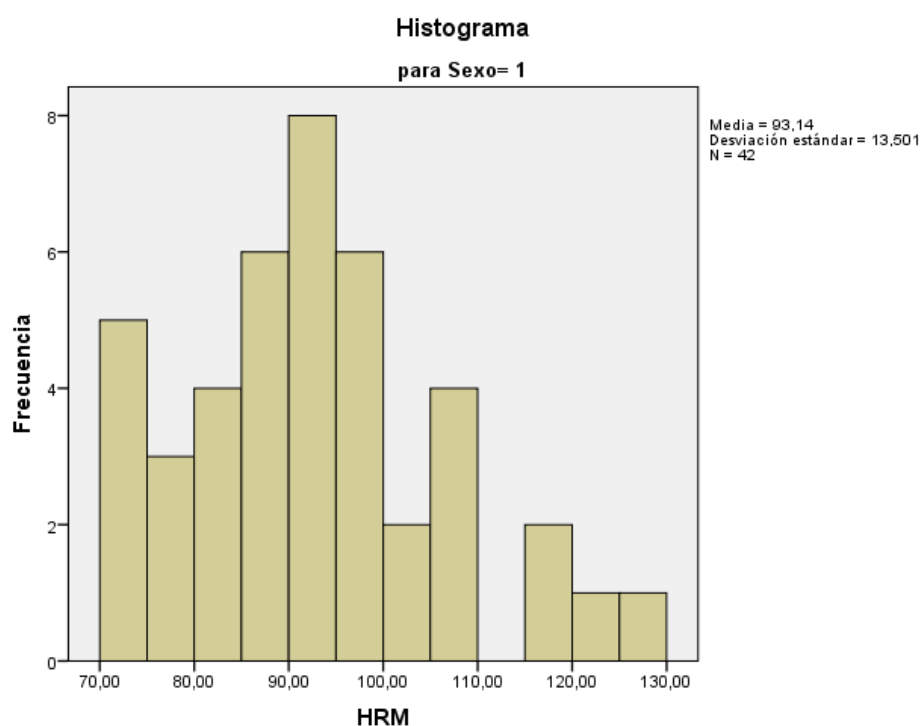
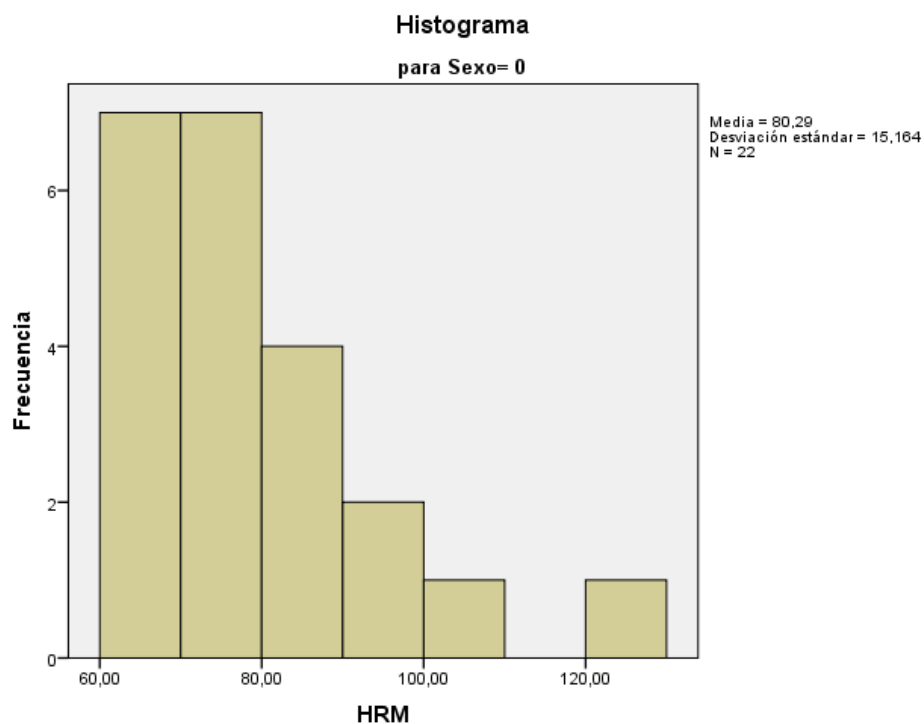


Gráfico Q-Q normal de HRM

para Sexo= 0

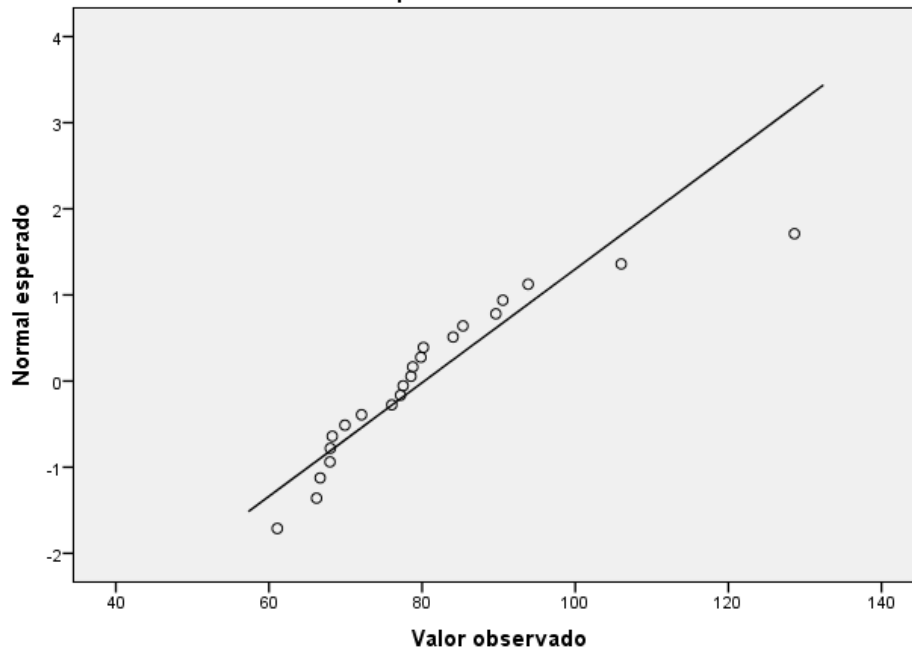
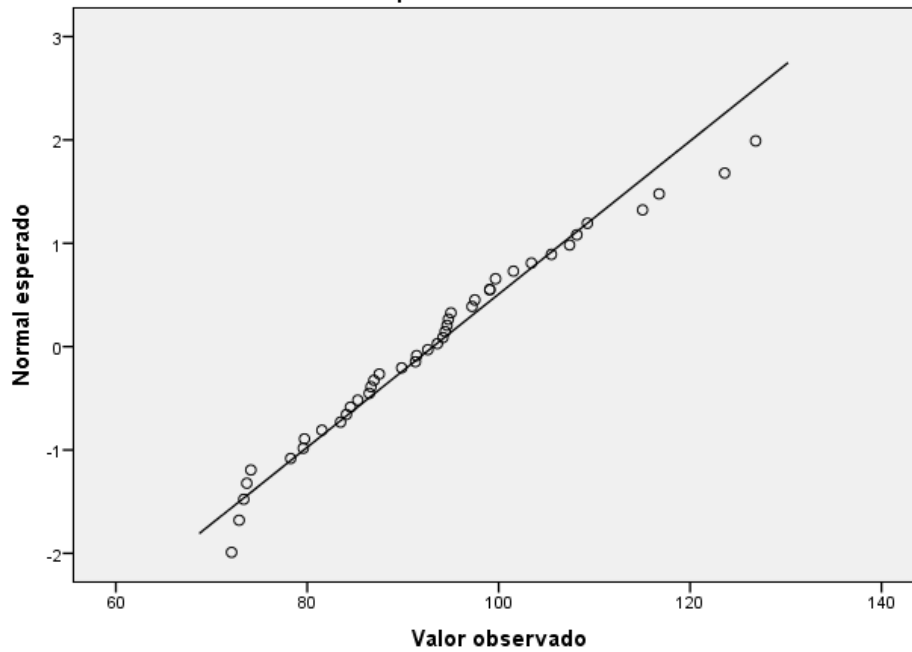


Gráfico Q-Q normal de HRM

para Sexo= 1



HRN

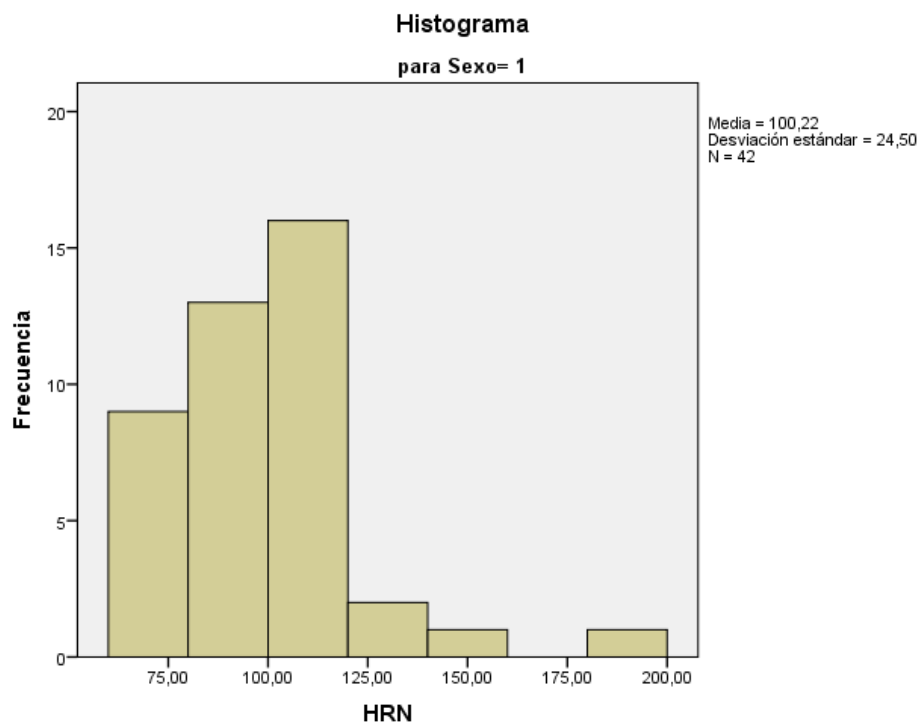
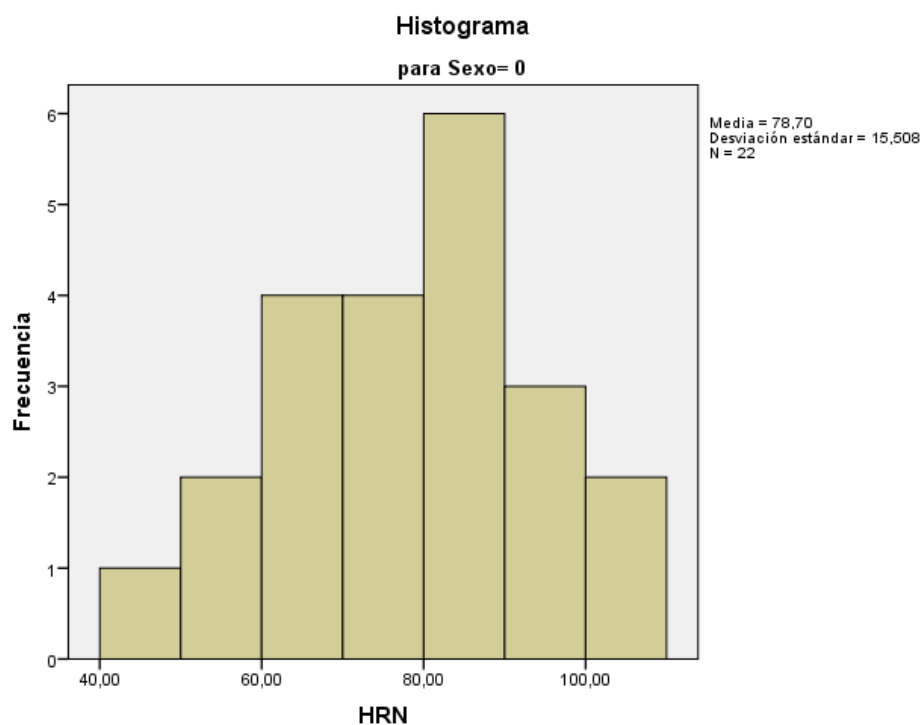


Gráfico Q-Q normal de HRN

para Sexo= 0

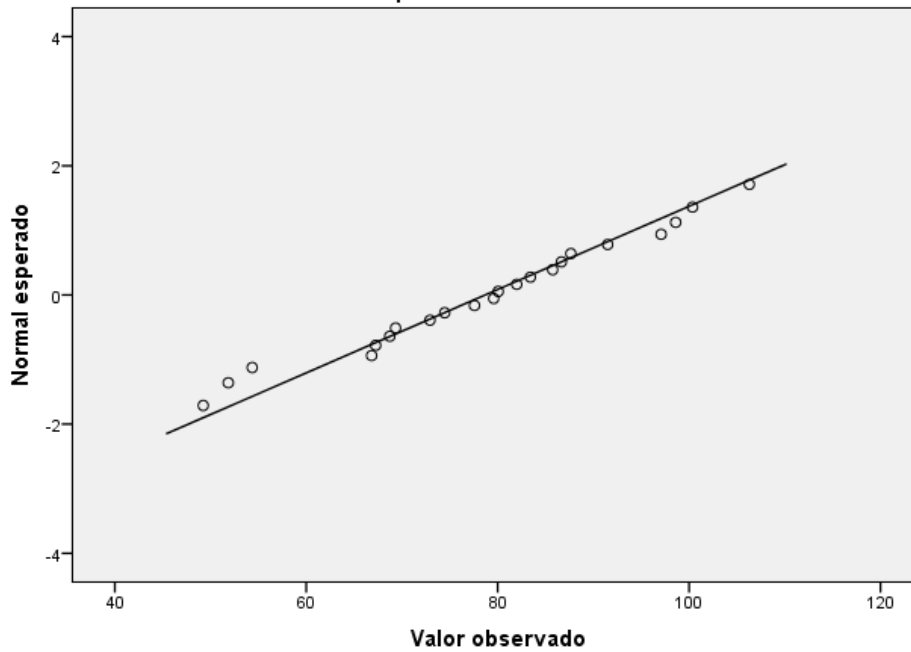
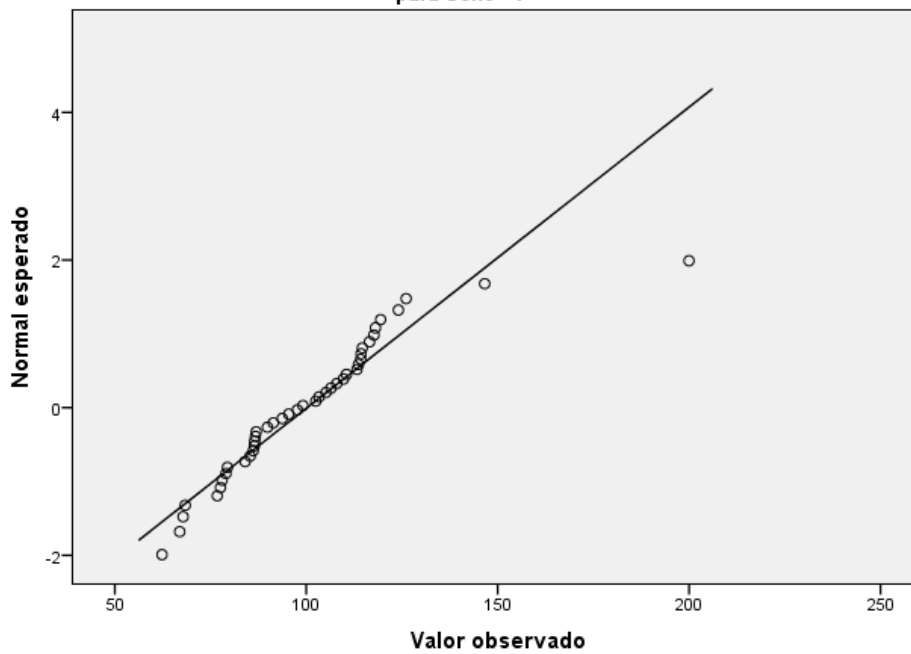


Gráfico Q-Q normal de HRN

para Sexo= 1



## QTMeanM

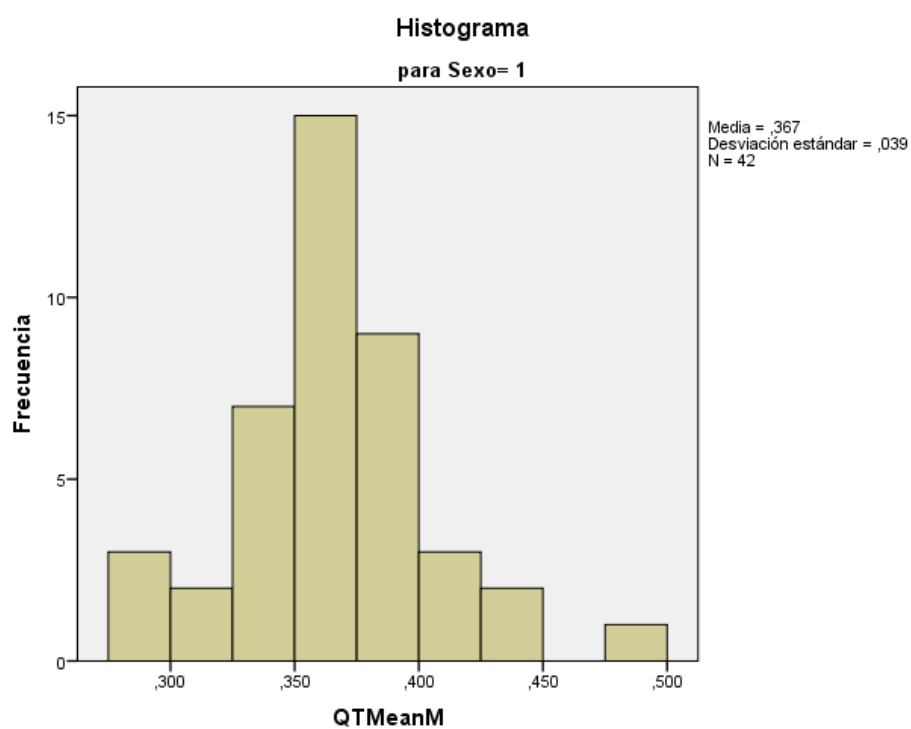
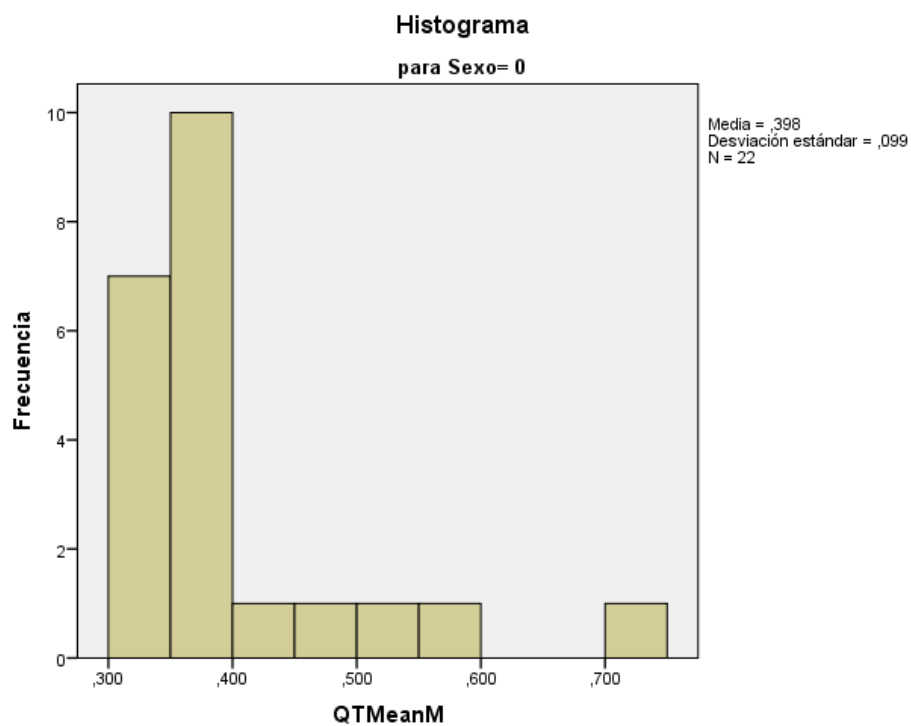


Gráfico Q-Q normal de QTMeanM

para Sexo= 0

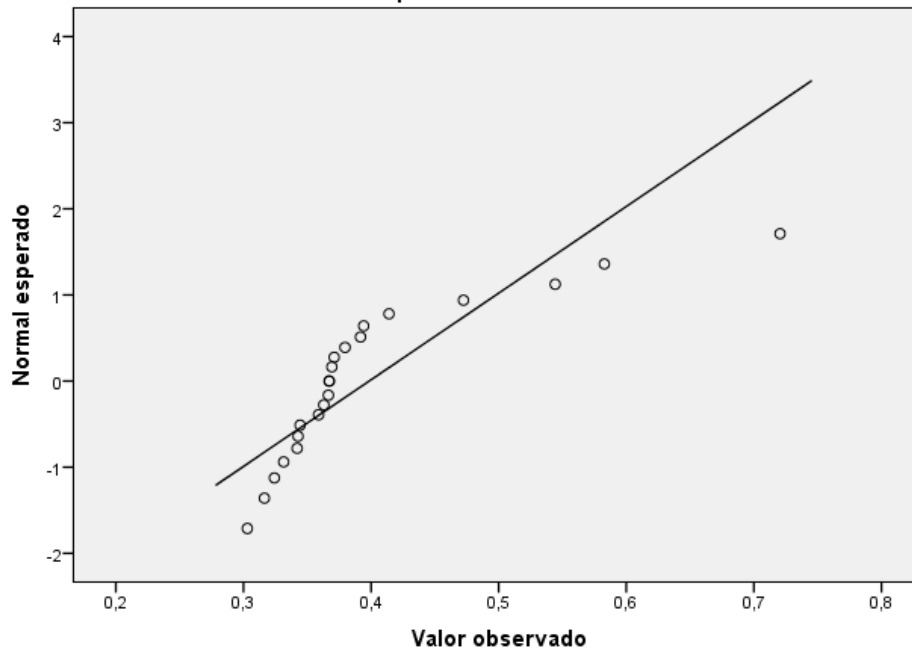
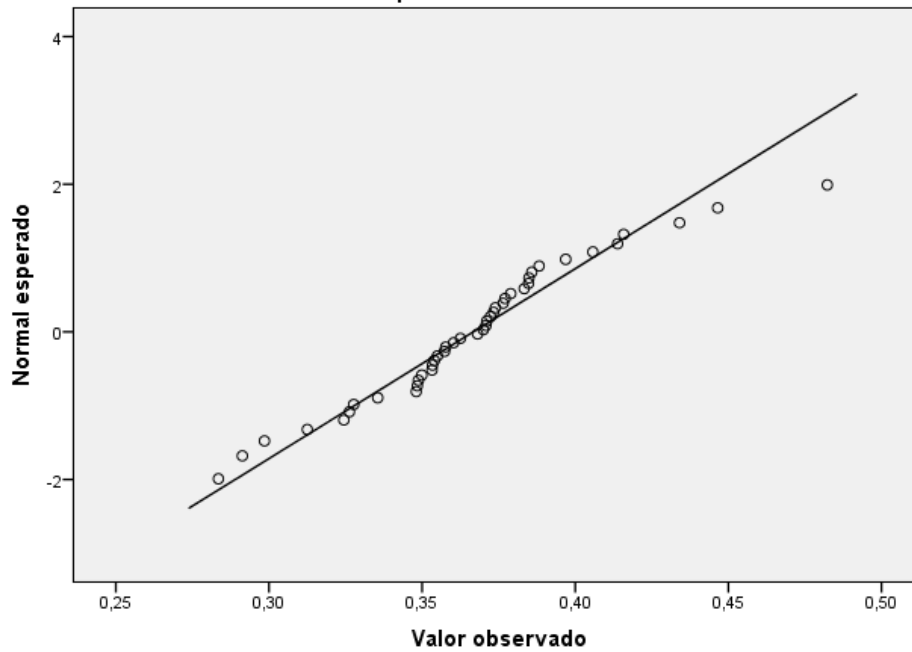


Gráfico Q-Q normal de QTMeanM

para Sexo= 1





## QTMeanN

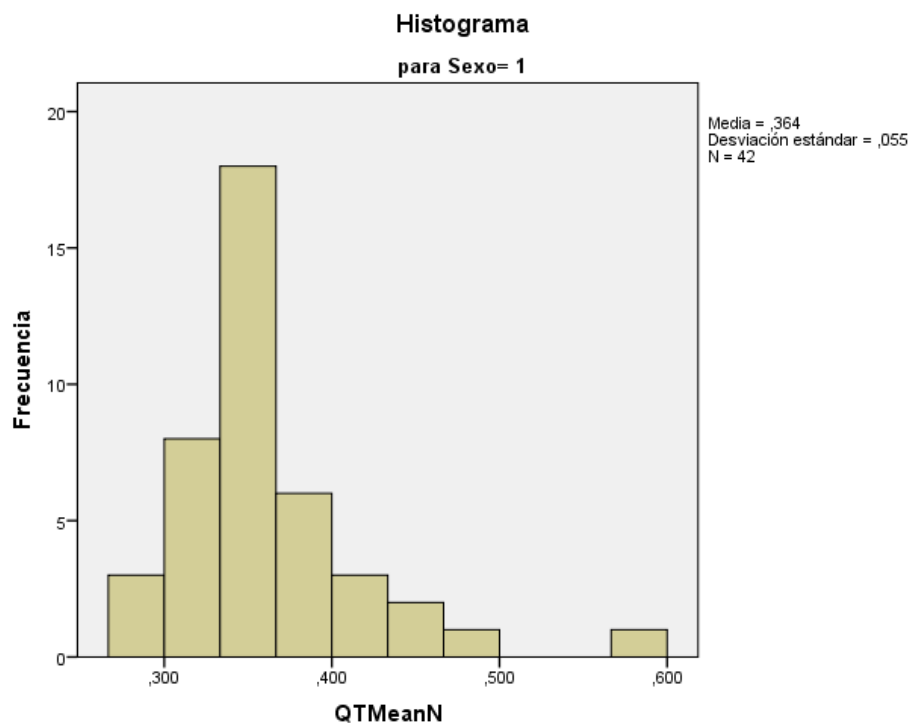
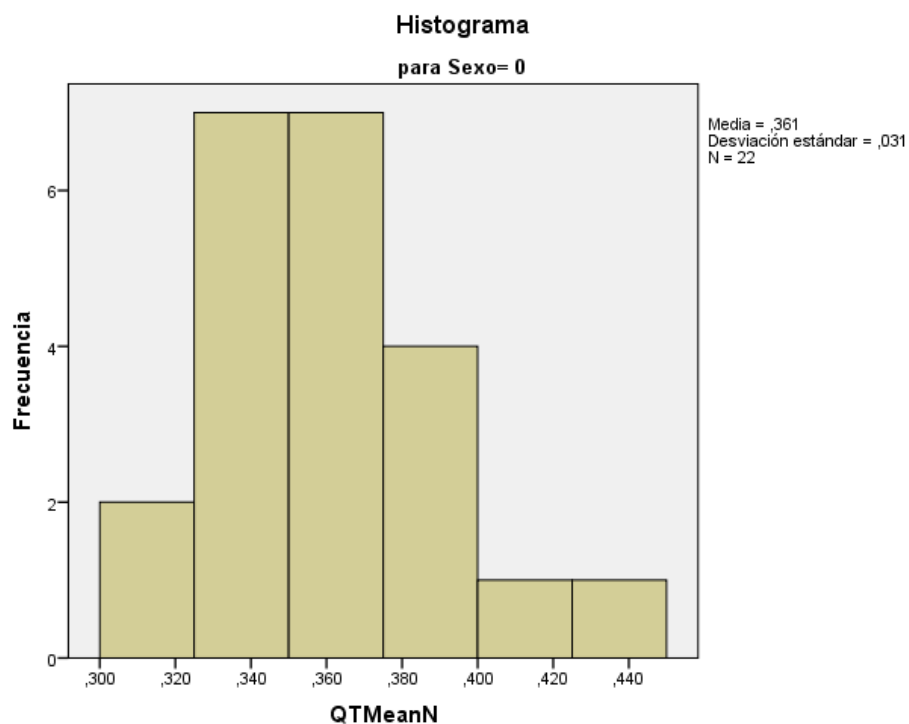


Gráfico Q-Q normal de QTMeanN

para Sexo= 0

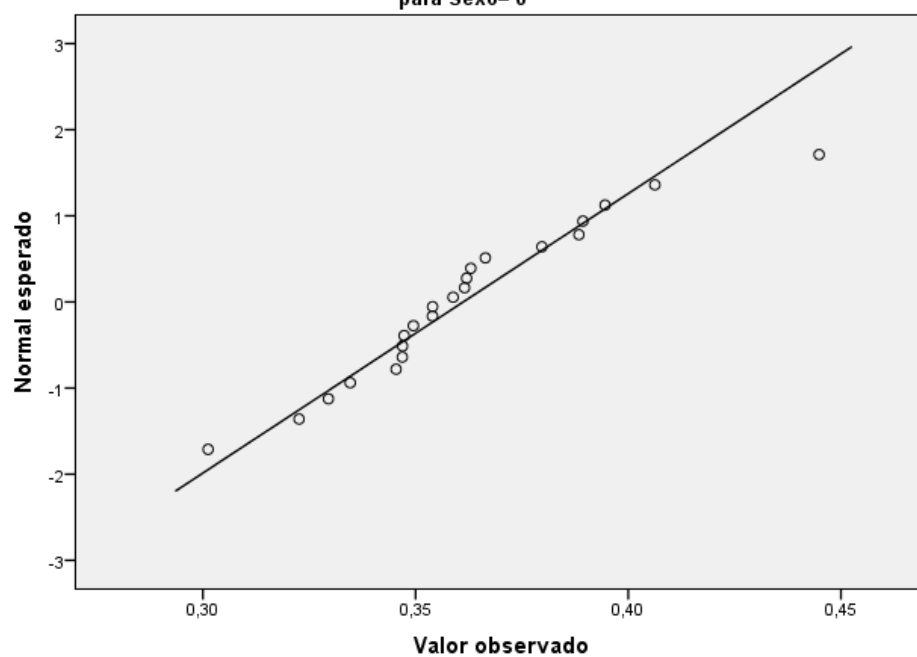
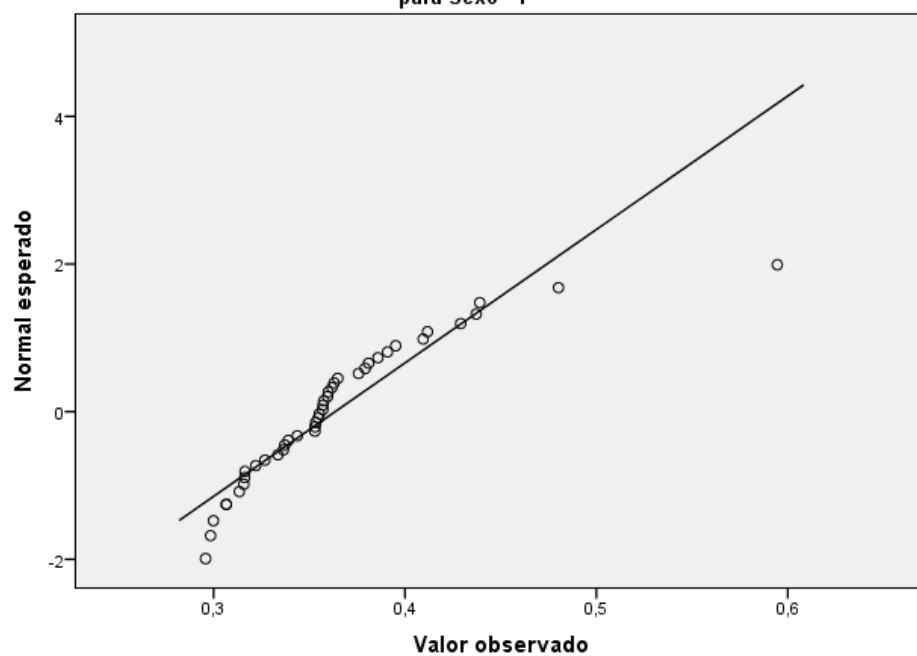


Gráfico Q-Q normal de QTMeanN

para Sexo= 1



QTCM

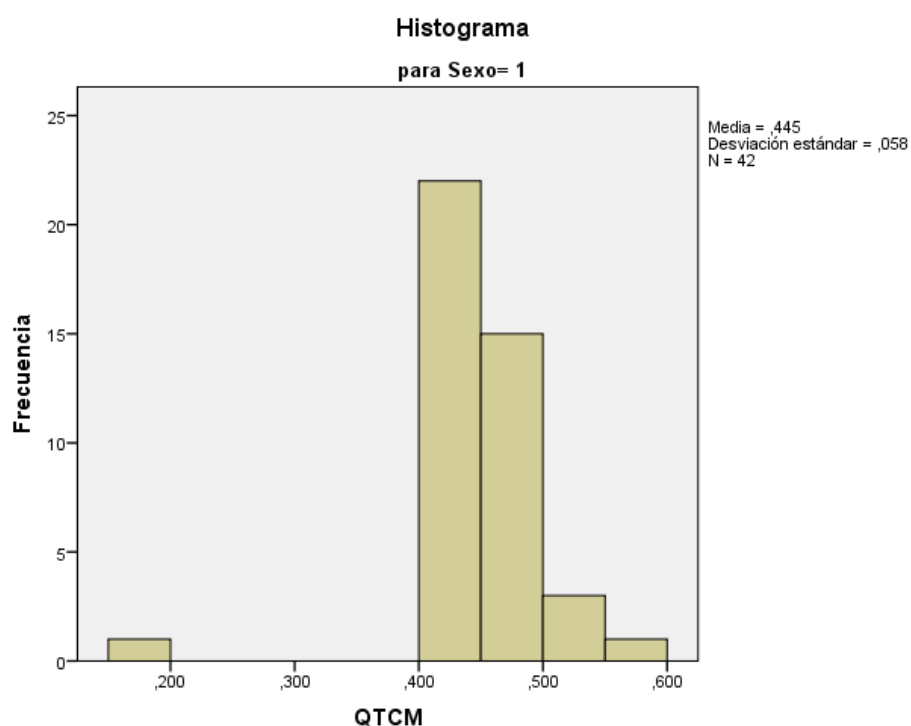
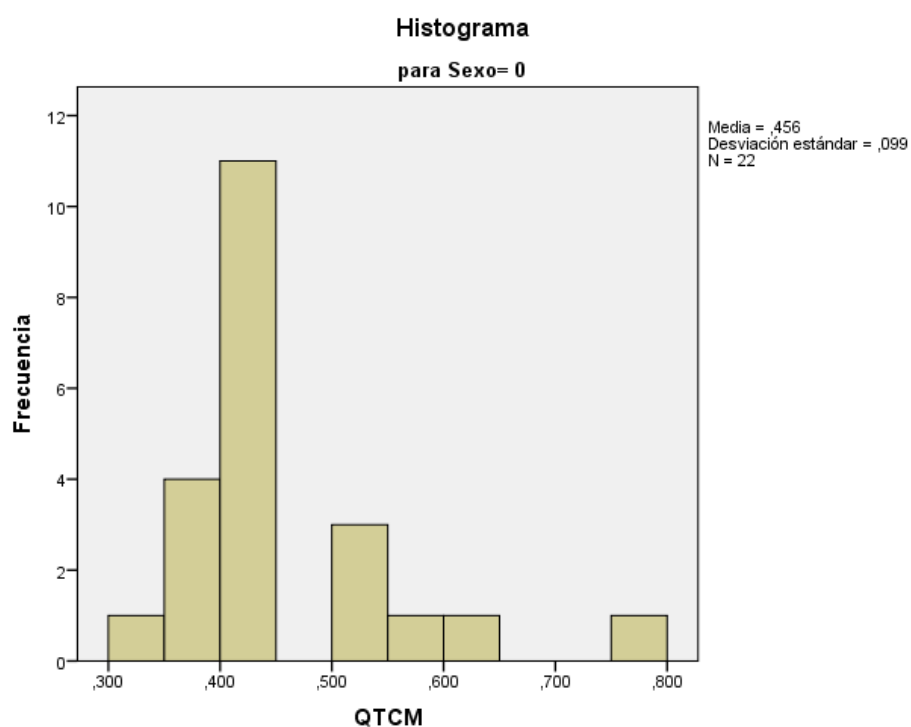


Gráfico Q-Q normal de QTCM

para Sexo= 0

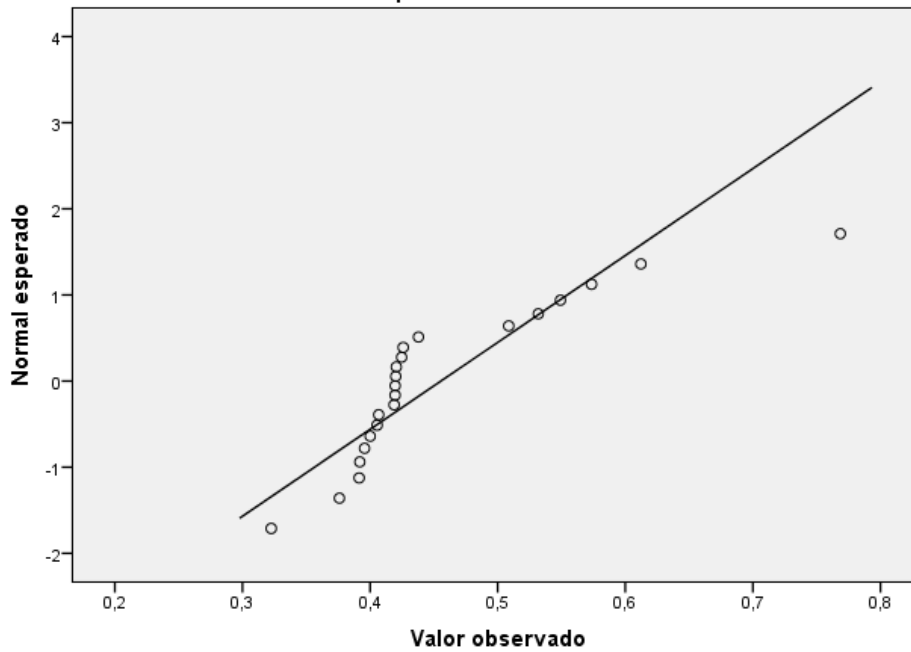
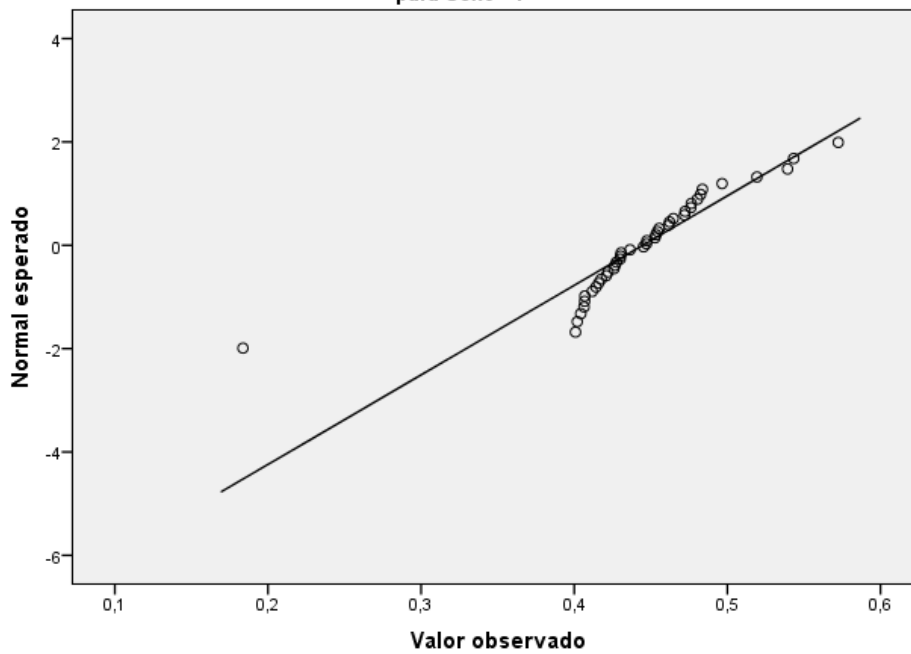


Gráfico Q-Q normal de QTCM

para Sexo= 1



## QTCN

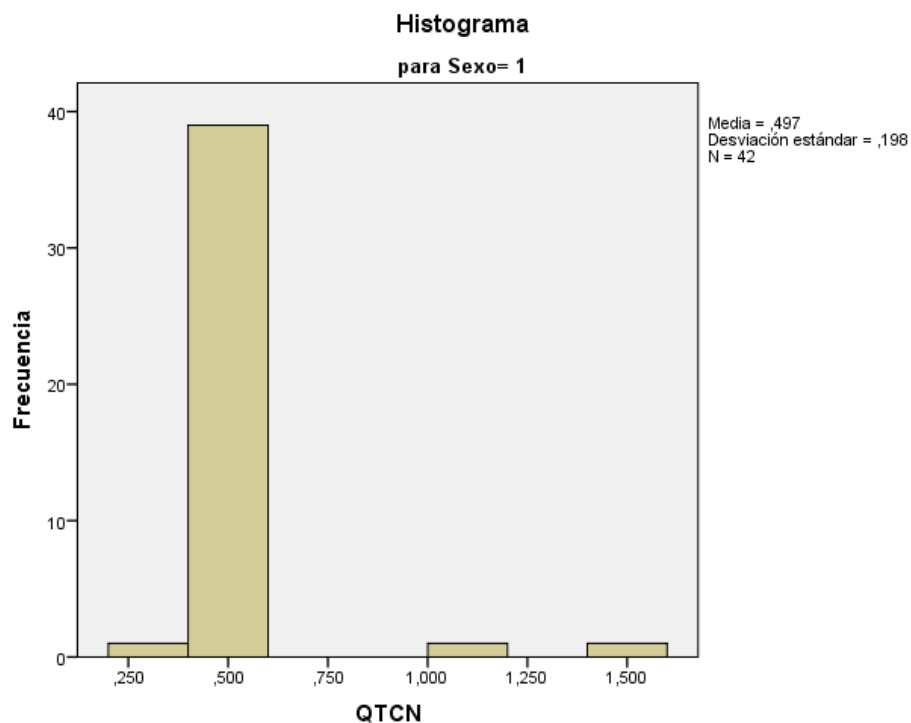
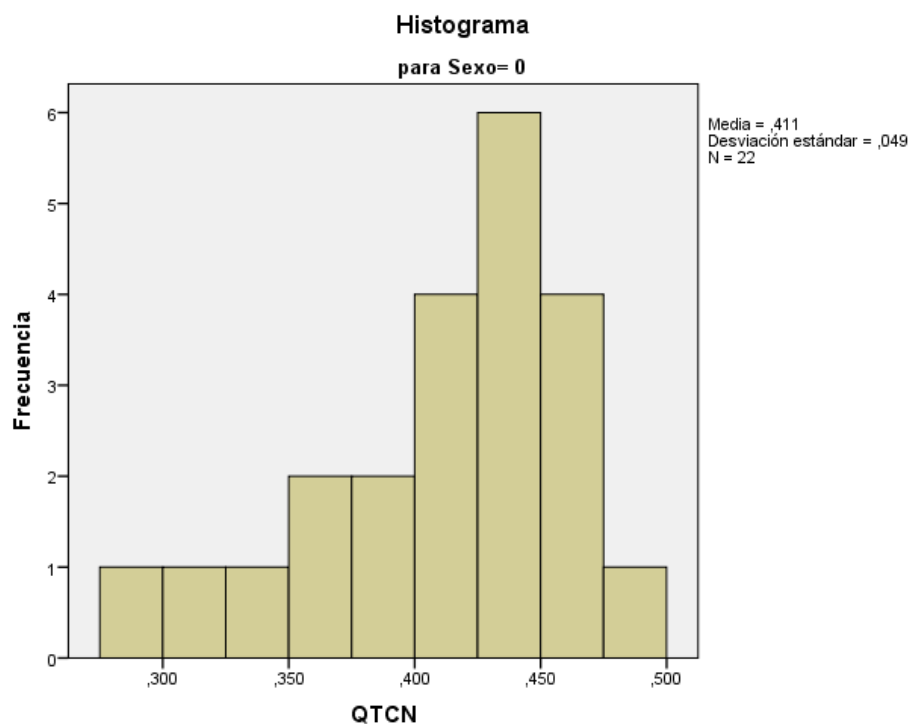


Gráfico Q-Q normal de QTCN

para Sexo= 0

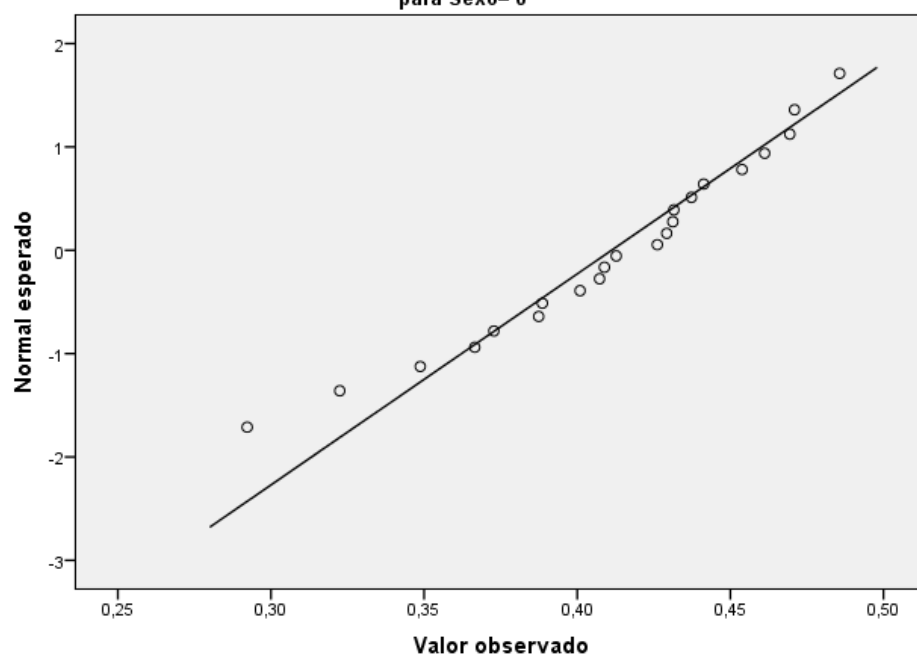
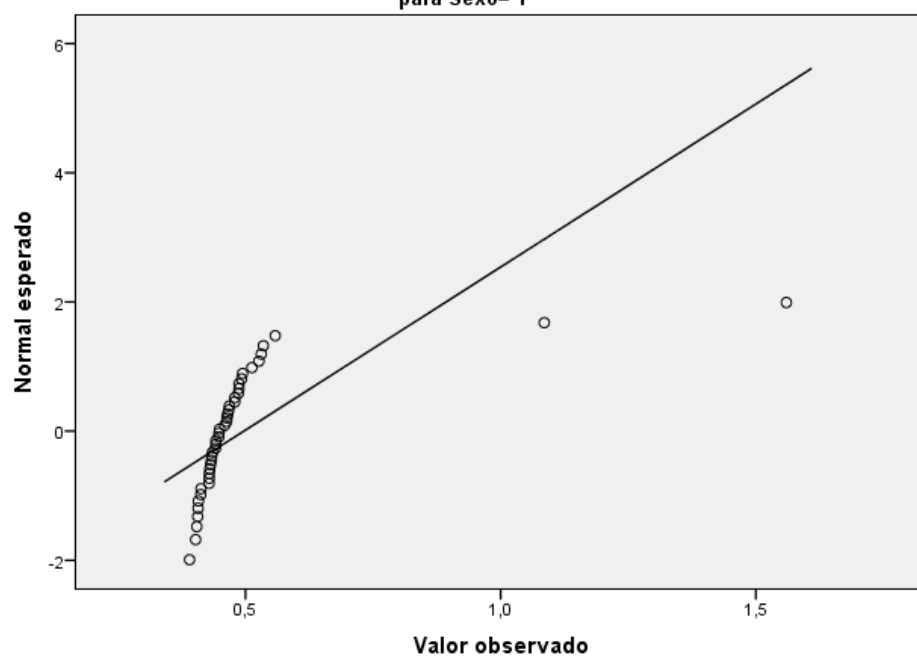


Gráfico Q-Q normal de QTCN

para Sexo= 1



### C3. Pruebas t-Student

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
RRMeanM	Se asumen varianzas iguales	1,123	,293	4,098	62	,000	,111524	,027215	,057121	,165926
	No se asumen varianzas iguales			3,766	34,107	,001	,111524	,029615	,051347	,171701
RRMeanN	Se asumen varianzas iguales	,907	,345	4,109	62	,000	,165283	,040223	,084879	,245687
	No se asumen varianzas iguales			3,804	34,735	,001	,165283	,043455	,077040	,253525
HRM	Se asumen varianzas iguales	,000	,987	-3,468	62	,001	-12,85558	3,70716	-20,26609	-5,44507
	No se asumen varianzas iguales			-3,343	38,647	,002	-12,85558	3,84595	-20,63702	-5,07414
HRN	Se asumen varianzas iguales	2,417	,125	-3,738	62	,000	-21,51861	5,75641	-33,02550	-10,01171
	No se asumen varianzas iguales			-4,285	59,613	,000	-21,51861	5,02235	-31,56615	-11,47107

## C4. Pruebas Mann-Whytney

Rangos

	Altura (general)	N	Rango promedio	Suma de rangos
QTMean	>=169	34	30,49	1036,50
M	<169	30	34,78	1043,50
	Total	64		
QTMean	>=169	34	31,51	1071,50
N	<169	30	33,62	1008,50
	Total	64		
QTCM	>=169	34	31,25	1062,50
	<169	30	33,92	1017,50
	Total	64		
QTCN	>=169	34	36,34	1235,50
	<169	30	28,15	844,50
	Total	64		

Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

	QTMeanM	QTMeanN	QTCM	QTCN
U de Mann-Whitney	441,500	476,500	467,500	379,500
W de Wilcoxon	1036,500	1071,500	1062,500	844,500
Z	-,922	-,451	-,572	-1,756
Sig. asintótica (bilateral)	,357	,652	,567	,079

a. Variable de agrupación: Altura (general)



Rangos				
	Altura (hombres)	N	Rango promedio	Suma de rangos
QTMea	>= 180	12	9,33	112,00
nM	<180	10	14,10	141,00
	Total	22		
QTMea	>= 180	12	9,67	116,00
nN	<180	10	13,70	137,00
	Total	22		
QTCM	>= 180	12	10,50	126,00
	<180	10	12,70	127,00
	Total	22		
QTCN	>= 180	12	11,08	133,00
	<180	10	12,00	120,00
	Total	22		

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>				
	QTMeanM	QTMeanN	QTCM	QTCN
U de Mann-Whitney	34,000	38,000	48,000	55,000
W de Wilcoxon	112,000	116,000	126,000	133,000
Z	-1,715	-1,451	-,791	-,330
Sig. asintótica (bilateral)	,086	,147	,429	,742
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,093 <sup>b</sup>	,159 <sup>b</sup>	,456 <sup>b</sup>	,771 <sup>b</sup>

a. Variable de agrupación: Altura (hombres)

b. No corregido para empates.

**Rangos**

	Altura (mujeres)	N	Rango promedio	Suma de rangos
QTMean	>= 166	24	21,58	518,00
M	<166	18	21,39	385,00
	Total	42		
QTMean	>= 166	24	21,00	504,00
N	<166	18	22,17	399,00
	Total	42		
QTCM	>= 166	24	22,58	542,00
	<166	18	20,06	361,00
	Total	42		
QTCN	>= 166	24	23,38	561,00
	<166	18	19,00	342,00
	Total	42		

**Estadísticos de prueba<sup>a</sup>**

	QTMeanM	QTMeanN	QTCM	QTCN
U de Mann-Whitney	214,000	204,000	190,000	171,000
W de Wilcoxon	385,000	504,000	361,000	342,000
Z	-,051	-,305	-,661	-1,144
Sig. asintótica (bilateral)	,959	,760	,509	,253

a. Variable de agrupación: Altura (mujeres)

**Rangos**

	Ejercicio(general)	N	Rango promedio	Suma de rangos
QTMean M	>= 138	32	28,89	924,50
	<138	32	36,11	1155,50
	Total	64		
QTMean N	>= 138	32	31,70	1014,50
	<138	32	33,30	1065,50
	Total	64		
QTCM	>= 138	32	30,38	972,00
	<138	32	34,63	1108,00
	Total	64		
QTCN	>= 138	32	36,50	1168,00
	<138	32	28,50	912,00
	Total	64		

**Estadísticos de prueba<sup>a</sup>**

	QTMeanM	QTMeanN	QTCM	QTCN
U de Mann-Whitney	396,500	486,500	444,000	384,000
W de Wilcoxon	924,500	1014,500	972,000	912,000
Z	-1,551	-,342	-,913	-1,719
Sig. asintótica (bilateral)	,121	,732	,361	,086

a. Variable de agrupación: Ejercicio(general)

### Rangos

	Ejercicio(hombres)	N	Rango promedio	Suma de rangos
QTMeanM	>= 234	11	11,14	122,50
	<234	11	11,86	130,50
	Total	22		
QTMeanN	>= 234	11	11,82	130,00
	<234	11	11,18	123,00
	Total	22		
QTCM	>= 234	11	11,00	121,00
	<234	11	12,00	132,00
	Total	22		
QTCN	>= 234	11	11,55	127,00
	<234	11	11,45	126,00
	Total	22		

### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

	QTMeanM	QTMeanN	QTCM	QTCN
U de Mann-Whitney	56,500	57,000	55,000	60,000
W de Wilcoxon	122,500	123,000	121,000	126,000
Z	-,263	-,230	-,361	-,033
Sig. asintótica (bilateral)	,793	,818	,718	,974
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,797 <sup>b</sup>	,847 <sup>b</sup>	,748 <sup>b</sup>	1,000 <sup>b</sup>

a. Variable de agrupación: Ejercicio(hombres)

b. No corregido para empates.

**Rangos**

	Ejercicio(mujeres)	N	Rango promedio	Suma de rangos
QTMeanM	<= 104	23	19,35	445,00
	<104	19	24,11	458,00
	Total	42		
QTMeanN	<= 104	23	21,24	488,50
	<104	19	21,82	414,50
	Total	42		
QTCM	<= 104	23	19,96	459,00
	<104	19	23,37	444,00
	Total	42		
QTCN	<= 104	23	24,09	554,00
	<104	19	18,37	349,00
	Total	42		

**Estadísticos de prueba<sup>a</sup>**

	QTMeanM	QTMeanN	QTCM	QTCN
U de Mann-Whitney	169,000	212,500	183,000	159,000
W de Wilcoxon	445,000	488,500	459,000	349,000
Z	-1,251	-,152	-,897	-1,504
Sig. asintótica (bilateral)	,211	,879	,370	,133

a. Variable de agrupación: Ejercicio(mujeres)

ESTA PAGINA NO SE IMPRIME (SON LAS REFERENCIAS PARA HACER BIBLIOGRAFIA)

(Bednar et al. 2001)(J.-P. Couderc 2009)

(Bednar et al. 2001)

(J. P. Couderc 2009)

(J. P. Couderc et al. 2017)

(J. P. Couderc et al. 2011)

(J. P. Couderc et al. 2011)

(Darpo et al. 2011)

(Gomis et al. 2012)

(Manual 2010)

(Meiser et al. 2017)

(Montero, n.d.)

(Mortara 2009)

(Postema et al. 2008)

(Pueyo, Martínez, and Laguna 2009)

(Salvi et al. 2011)

(Storad 2006)

(Tobergte and Curtis 2013)

(Vale and Ripoll 2008)

(Tyl et al. 2011)

